NOUVELLE SÉRIE — TOME XXI. FASC. I.

ANNALES

DE

L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE

DE MONTPELLIER

SOMMAIRE

MONTPELLIER

IMPRIMERIE CHARLES DÉHAN

5, RUE VIEILLE-INTENDANCE, 5

A PROPOS DE QUELQUES NOTIONS NOUVELLES

SUR

L'ÉQUILIBRE PHYSICO-CHIMIQUE DE LA CELLULE

Par M. L. MAUME

Professeur de chimie agricole
à l'Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier

Depuis quelques années, les applications aux sciences biologiques de certaines données physico-chimiques ont permis de modifier peu à peu, tout en l'éclairant, notre compréhension d'un grand nombre de questions qui touchent à la vie. Comme l'a fait si justement remarquer Legendre dans l'introduction de son livre : « La concentration en ions H de l'eau de mer » :

« La chimie-physique a enrichi la biologie de toute une série de découvertes parmi lesquelles la notion de pH est une des plus fructueuses. Née dans le domaine des sciences pures, basée sur les hypothèses modernes de la constitution des molécules, la notion de concentration en ions H ou pH s'est montrée particulièrement importante dans l'étude des phénomènes vitaux. Pénétrant en cytologie, elle a ouvert de nouveaux horizons dans l'étude de la fécondation et de la division cellulaire ; introduite en physiologie, elle a éclairé le mécanisme de régulation du milieu interne et celui des échanges respiratoires ; employée en bactériologie, elle a permis de définir plus exactement les milieux de culture ; utilisée dans les industries biologiques, elle a précisé leurs conditions de fabrication. »

Aujourd'hui on peut dire, sans crainte d'être trop affirmatif, que nul biologiste n'est absolument indifférent aux questions que soulève la physico-chimie. Cette science apporte en effet

une nouvelle méthode de travail à laquelle le chercheur, poussé par un impérieux besoin de savoir, ne peut se dérober.

Parmi les plus récents travaux publiés dans ce nouveau domaine de la physico-chimie biologique, mention spéciale mérite d'être faite de ceux entrepris depuis quelques années par M le Professeur Vlès, et ses collaborateurs de l'Université de Strasbourg. Dans une série de notes publiées depuis 1924 à l'Académie des Sciences et dans différents périodiques scientifiques, l'école de Strasbourg montre l'intérêt de certaines mesures du pH et les points isoélectriques du contenu cellulaire. C'est ainsi que, dans un tout dernier mémoire, Vlès et de Coulon se sont demandé si « des perturbations pathologiques des conditions cellulaires ne pouvaient pas se répercuter sur les relations entre le point isoélectrique et le pH apparent, et si la différence entre ces deux valeurs (différence peu importante dans le cas des cellules normales) ne permettrait pas de définir une sorte de caractéristique de l'état de la cellule ou de l'organisme qu'on pourrait utiliser pour mettre en évidence et étudier les modifications pathologiques du milieu cellulaire. »

La solution d'un pareil problème se montre donc tout de suite en raison de sa portée générale en biologie, de première importance ; elle intéresse aussi bien le chercheur étudiant la cellule animale que celui qui s'occupe des phénomènes particuliers à la cellule végétale.

Avant de montrer tout l'intérêt que présente une telle question, nous croyons utile de rappeler, pour en faciliter la compréhension, quelques notions élémentaires relatives aux substances immédiates du protoplasme, en précisant ensuite ce qu'on entend par ampholyte et point isoélectrique.

Principes immédiats du contenu cellulaire. Ampholyte et point isoélectrique.

a). *Principes immédiats de la cellule.* — On sait que la nouvelle nomenclature de chimie biologique classe les principes

immédiats du contenu cellulaire dans les trois grands groupes suivants :

Glucides.
Lipides.
Protides.

Nous rappelons que le terme glucides désigne un certain nombre de substances comprenant les sucres réducteurs ainsi que les principes immédiats donnant par hydrolyse un ou plusieurs sucres réducteurs. Le mot lipides englobe dans une même catégorie des corps tels que les matières grasses et les éthers-sels possédant des propriétés analogues (lécitides, phosphatides, etc...). Enfin, on comprend dans le groupe des protides : les acides aminés, les peptides et les protéides. Les peptides sont formés par l'union de plusieurs amino-acides dans lesquels la liaison a lieu par perte d'une molécule d'eau entre un groupement aminé d'une molécule et un groupement carboxyle appartenant à la molécule suivante. Les protéides sont des protides qui, par hydrolyse complète, donnent des amino-acides accompagnés ou non d'autres substances.

A part les tissus de réserve qui renferment parfois des quantités fort appréciables de glucides et de lipides, la vie chimique de la cellule est surtout conditionnée par la présence des protides et tout spécialement des protéides, ces derniers étant les principes immédiats les plus complexes du contenu cellulaire. Ceci posé, il était logique de penser à priori que de nombreux problèmes de biologie pouvaient être éclairés par l'étude des propriétés et des équilibres physico-chimiques des substances protéidiques. C'est ce que nous allons nous efforcer de préciser.

Disons d'abord que les protides peuvent donner au contact de l'eau comme l'indique Reiss, d'une part des solutions vraies possédant des molécules dissociées en ions et des molécules intactes ; d'autre part, des particules ayant certaines propriétés des colloïdes, si bien que certains auteurs ont proposé de classer les protides dans un groupe intermédiaire entre les colloïdes et les cristalloïdes. Quoi qu'il en soit, en tant qu'électrolytes, les

protides sont donc capables de se dissocier en ions, et si l'on considère les protides les plus simples comme les acides aminés, on s'aperçoit que ceux-ci peuvent posséder à la fois dans leur molécule des fonctions acides et des fonctions basiques mettant respectivement en liberté des ions H^+ et des ions OH^- C'est ainsi que la glycine, appelée encore glycocolle est un acide aminé de formule $NH^2 - CH^2 - COOH$ pouvant donner des ions H^+ grâce à son carboxyle — COOH et des ions OH^- par hydrolyse de son groupement $—NH^2$ qui devient alors $—NH^3OH$ (de la même façon que le gaz ammoniac s'hydrolyse dans l'eau en donnant NH^4OH). Si maintenant, des acides aminés on passe aux peptides, puis aux protéides, substances qui proviennent de la soudure de plusieurs amino-acides, on aura toujours aux deux extrémités de la molécule protidique des groupements carboxyles et aminés capables d'émettre d'un côté des ions OH^-, de l'autre des ions H^+. On peut donc représenter ces substances par le schéma suivant : HO — R — H, montrant bien que la molécule peut donner à la fois des ions H^+ et OH^-. Dans un sens plus général, on appelle *ampholytes* les électrolytes capables de posséder à la fois des fonctions acides et des fonctions basiques.

b). *Les ampholytes et leur point isoélectrique.* — Nous venons de dire que tout ampholyte peut être figuré par le schéma HO — R — H montrant que la molécule peu libérer un ion H^+ et un ion OH^- ; toutefois, la dissociation de ces deux ions n'est pas toujours comparable : ainsi, dans un milieu fortement acide (de faible pH) la grande proportion d'ions H^+ va, en vertu de la loi d'Ostwald (loi d'action de masse appliquée aux équilibres ioniques), diminuer la formation d'ions H^+, tandis que des ions OH^- sont au contraire libérés. A ce moment l'ampholyte joue le rôle d'une base pouvant être salifiée par un acide par exemple. Inversement, dans un milieu fortement alcalin (pH élevé), en vertu de la même loi, la dissociation de la fonction basique diminue et la proportion des ions H augmente, l'ampholyte se comporte alors comme un acide.

Ainsi donc, suivant la valeur du pH extérieur, l'ampholyte se comportera tantôt comme un acide, tantôt comme une base ; mais pour une certaine valeur de la réaction, intermédiaire entre les deux extrêmes, l'ampholyte doit avoir ses deux fonctions également peu dissociées, soit même toutes les deux bloquées : à ce moment, il en est en quelque sorte, suivant l'expression même de Vlès, hermaphrodite, autrement dit électriquement neutre. Le courant électrique qui transporte le radical au pôle négatif en milieu acide, au pôle positif en milieu basique, aura un effet nul, lorsque l'ampholyte a ses deux fonctions également dissociées. Ce point de transport électrique nul a une valeur spécifique pour chaque ampholyte et ne coïncide généralement pas avec la neutralité chimique du milieu, mais est caractérisé par un pH représentant la réaction du milieu qu'on appelle pH isoélectrique ou pHi. Le point isoélectrique pHi peut du reste être graphiqué en fonction du pH et se trouve à l'intersection des deux courbes de dissociation de la valence acide et de la valence alcaline d'un ampholyte OH—R—H (figure I).

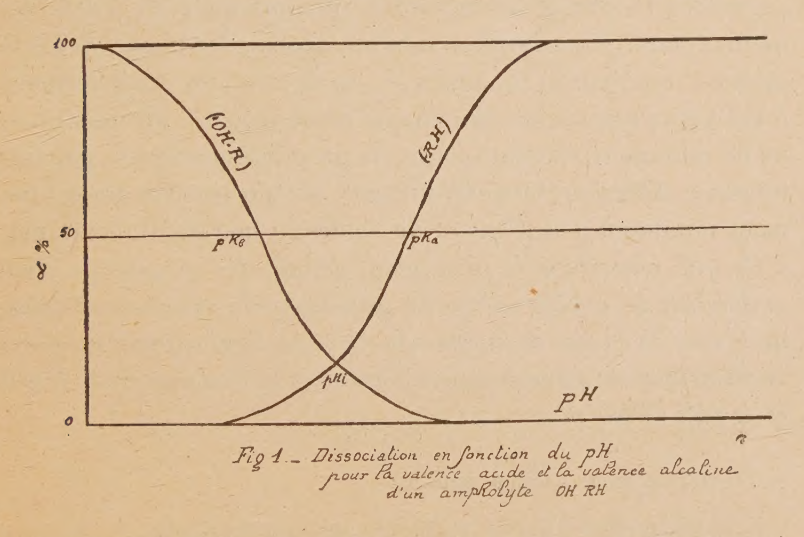


Fig 1. _ Dissociation en fonction du pH pour la valence acide et la valence alcaline d'un ampholyte OH RH

Voici, à titre d'exemple, le pHi de quelques acides aminés et de quelques peptides :

alanine	6,16
glycine	5,18

leucine	6,06
glycyl-glycine	5,52
alanyl glycine	5,52
leucyl-glycine	5,66 etc...

A côté des ampholytes qui ne possèdent qu'une seule acidité et qu'une seule basicité, comme ceux que nous venons de signaler, il en existe d'autres possédant plusieurs fois dans leur molécule la fonction acide et la fonction base ; de tels corps présentent plusieurs points isoélectriques, ainsi l'acide aspartique a un pHi à 2,8 et un autre à 5,3. (Voir calcul du point isoélectrique).

De même un mélange de deux ampholytes pourra, en fonction du pH, donner lieu à la formation de *complexes* qui sont également des ampholytes possédant des points isoélectriques.

L'intérêt pratique de ces notions, d'après Vlès, est que : « le point isoélectrique se présente en général comme un point critique des propriétés de l'ampholyte. » Pour les protides en particulier (Loeb), il correspond à un minimum de solubilité, un maximum d'instabilité en solution (floculation), une viscosité minima, une liaison minima avec les électrolytes périphériques (c'est-à-dire une faculté minima de combinaison), un maximum ou un minimum, suivant les cas, de propriétés optiques, pouvoir rotatoire, diffusion (Vlès et Vellinger), et pour les gels, un gonflement minimum pour l'eau et au contraire une rigidité maxima. « *Ce qui importera le plus pour définir les propriétés d'un ampholyte tel qu'une substance protéidique à un moment déterminé sera la valeur de la réaction du milieu par rapport au point isoélectrique de l'ampholyte, c'est-à-dire la distance entre le pH et le pHi* (Vlès). »

Calcul du point isoélectrique :

Nous allons tout d'abord préciser ce qu'on entend par :

1° Equilibre d'un acide : son degré de dissociation en fonction du pH ;

2° Equilibre d'une base : son degré de dissociation en fonction du pH.

1° *Equilibre d'un acide : son degré de dissociation en fonction du pH.*

Soit un acide monovalent peu dissociable, l'acide acétique, par exemple, que nous figurons par le schéma RH.

La loi de dilution d'Ostwald nous permet d'écrire :

$$\frac{(\overset{+}{H}) \times (\overset{-}{R})}{(RH)} = K_a \quad K_a = \text{constante d'équilibre de l'acide.}$$

Sous forme logarithmique l'expression précédente devient :

$$\frac{\log(\overset{+}{H}) + \log(\overset{-}{R})}{(RH)} = \log K_a .$$

d'où on tire :

$$-\log(\overset{+}{H}) = pH = -\log K_a + \log \frac{(\overset{-}{R})}{(RH)} \quad (1)$$

Mais la concentration de l'anion libre $\overset{-}{R}$ est égale au produit $\alpha_a\, n$ (α_a coefficient de dissociation de l'acide, n sa concentration). D'autre part la concentration de la molécule indissociée RH est égale à $(1-\alpha_a)\, n$.

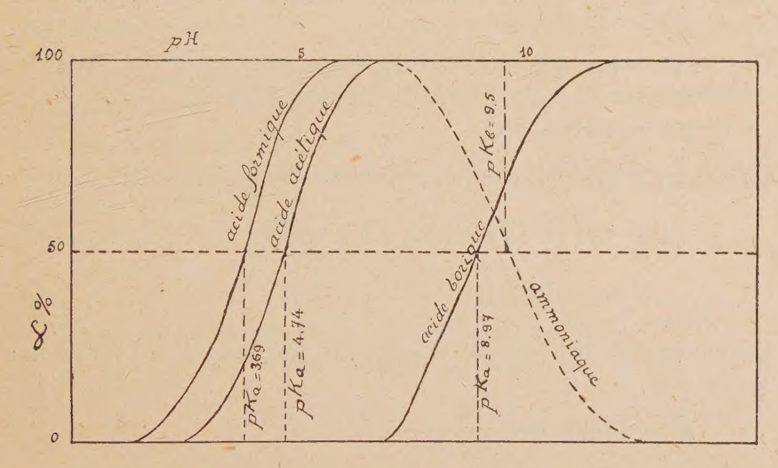


Fig 2. _ Courbes de dissociation en fonction du pH d'acides et de base

Remplaçons maintenant dans l'équation (1) $\overset{-}{R}$ et RH par les deux valeurs précédentes et posons pour simplifier $-\log K_a =$ constante $= pK_a$. On aura :

$$pH = pK_a + \log \frac{\alpha_a}{(1-\alpha_a)} \quad (2)$$

En utilisant cette formule on peut graphiquer la dissociation d'un acide en fonction de pH. Dans la figure 2 nous avons indiqué les trois types de courbes que l'on obtient avec les acides organiques suivants : formique, acétique, borique.

Lorque l'acide est dissocié à 50 %, $\alpha_a = 1 - \alpha_a'$, par conséquent :

$$\log \frac{\alpha_a}{(1-\alpha_a)} = 0$$ et la formule (2) devient :

$pH = pK_a$. *Le pH est égal à la constante caractéristique de l'acide.*

2° *Equilibre d'une base : son degré de dissociation en fonction du pH.*

Dans ce cas encore, la loi d'Ostwald nous permet d'écrire :

$$\frac{(\overset{-}{OH}) \times (\overset{+}{R})}{(R-OH)} = K_b$$. K_b constante d'équilibre de la base.

En raisonnant comme précédemment, on aboutit à l'expression :

$$pOH = pK_b + \log \frac{\alpha_b}{(1-\alpha_b)} \quad (3)$$

Mais d'après Sörensen :

$$pOH = 14,14 - pH$$

D'autre part, pK_b est la constante de la base exprimée en pOH. Exprimée en pH on a une nouvelle constante pK'_b.

$$pK'_b = 14,14 - pK_b .$$

En substituant ces deux dernières valeurs dans l'équation (3), on a :

$$14,14 - pH = 14,14 - pK'_b + \log \frac{\alpha_b}{(1-\alpha_b)}$$

$$- pH = - pK'_b + \log \frac{\alpha_b}{(1-\alpha_b)}$$

En changeant les signes, on aboutit finalement à l'expression suivante :

$$pH = pK'_b - \log \frac{\alpha_b}{(1-\alpha_b)} \quad (4)$$

Pour une dissociation de 50 % de la base, on a également comme nous l'avons vu pour l'acide : $pH = pK'_b$.

Dans le cas de l'ammoniaque (voir figure) $pH = pK'_b = 9.5$.

3° *Calcul du point isoélectrique.*

D'après la définition que nous avons donnée des ampholytes, nous pouvons admettre qu'ils sont formés par un mélange d'acides et de bases, ces derniers pouvant se dissocier indépendamment. Pour un

même ampholyte, la dissociation de l'acide et de la base a lieu dans le même milieu, on peut donc additionner les équations (2) et (4), ce qui donne :

$$2\text{pH} = \text{pK}_a + \text{pK}'_b + \log \frac{\alpha_a}{(1-\alpha_a)} - \log \frac{\alpha_b}{(1-\alpha_b)}$$

$$= \text{pK}_a + \text{pK}'_b + \log \left[\left(\frac{\alpha_b}{\alpha_b} \right) \times \left(\frac{1-\alpha_b}{1-\alpha_a} \right) \right]$$

mais nous avons dit dans notre exposé qu'au point isoélectrique les deux dissociations de l'acide et de la base sont équivalentes, donc :

$$\alpha_a = \alpha_b$$

par conséquent :

$$\text{Log} \left[\left(\frac{\alpha_a}{\alpha_b} \right) \times \left(\frac{1-\alpha_b}{1-\alpha_a} \right) \right] = \log 1 = 0$$

$$\text{pHi} = \frac{\text{pK}_a + \text{pK}'_b}{2}$$

Le point isoélectrique est la moyenne des pK (exprimés en pH).

La détermination du point isoélectrique d'après Vlès peut se faire de différentes façons : (1)

1° En cherchant le pH pour lequel le transport du corps par le courant électrique est nul. Cette mesure se fait par cataphorèse ;

2° On peut aussi utiliser la propriété du minimum de solubilité au point isoélectrique en ajoutant une quantité d'alcool constante dans des volumes égaux de solutions à divers pH et en observant dans quel pH le précipité est maximum (Indice d'alcool).

Le pH et le point isoélectrique à l'état normal ou pathologique

1° Régulation du pH intérieur cellulaire.

Il résulte des nombreuses recherches effectuées sur le pH intérieur cellulaire que, si la réaction ionique de la cellule varie avec son âge et son état fonctionnel, cette même réaction possède

(1) Pour la technique expérimentale permettant de déterminer le pHi, nous renvoyons le lecteur aux ouvrages de physique et de chimie-physique biologiques.

par contre une valeur constante pour une même cellule prise à un état physiologique bien défini. « En sorte que le chiffre du pH sera une donnée caraactéristique de la cellule, au même titre que le rapport nucléo-plasmique, la teneur en eau, la constante lipocytique, etc... (Reiss) ». Voici, à titre d'indication, les valeurs entre lesquelles oscille le pH de quelques tissus et organes des végétaux supérieurs :

	pH	Valeur moyenne
	—	—
Tissu jeune	4,9 — 5,9	5,4
Tissu de réserve	5,4 — 7,3	6,3
Tissu et racine	4,6 — 6,8	5,7
Feuille	5,2 — 6,9	6

Comme l'indiquent les chiffres ci-dessus, la réaction ionique du protoplasme des végétaux est donc sensiblement acide ; signalons toutefois, comme le prouve l'expérience, que de fortes variations du pH du milieu extérieur peuvent entraîner un décalage notable du pH intérieur cellulaire. Ces variations, si elles sont importantes et brutales, peuvent amener rapidement la mort de la cellule. Pour de petites différences entre le pH intérieur et le pH extérieur, la cellule, grâce à son pouvoir tampon, se défend assez bien contre tout changement de réaction interne.

Si maintenant, au lieu de considérer une cellule normale, comme nous venons de le faire, on examine une cellule en mauvais état de santé, on peut alors observer des variations parfois sensibles du pH intérieur. Reiss signale à ce propos dans son ouvrage : « Le pH cellulaire », diftérentes expériences parmi lesquelles celles de Wagner (1916), sur les variations du pH du suc des plantes infectées de différents germes pathogènes ; l'infection du Sinapis alba et du Brassica oléofera par le Pseudomonas campestris, du Sempervivum hausmanii par le Baccillus vulgatus et du Solanum tuberosum par le Baccillus phytophtorus. Le suc cellulaire qui, dans les cellules saines, donne des réactions exprimées en pH par des nombres compris entre 5,3 et 5,8, après injection de la culture pathogène dans le paren-

chyme, a un pH qui subit d'abord une légère ascension, puis, aussitôt qu'apparaît le pouvoir bactéricide et agglutinant du suc, l'acidité s'accentue. Tous ces phénomènes atteignent un maximum après quelques jours. Si l'infection est vaincue, le pH revient peu à peu à la normale. Si au contraire l'infection redouble de violence, cette ascension s'exagère, dépasse la normale et la mort survient, avec comme corollaire, l'acidification brusque du suc cellulaire (pH = 5 et au-dessous).

Reiss signale également les expériences de Harvey (1920) sur les tumeurs végétales occasionnées par le bacillus tuméfaciens. Il résulte de ces travaux que, dans les tumeurs, l'activité des ferments est en corrélation avec une variation assez notable du pH intérieur. Ainsi une tumeur développée sur la racine du Ricinus communis a un pH de 6, 35 ; la partie saine qui porte cette tumeur n'a qu'un pH de 5,8. Enfin, Reiss étudiant à son tour les tumeurs produites par le synchytrium endobioticum sur la pomme de terre, a obtenu, à l'aide de deux méthodes différentes, les valeurs exprimées en pH de 5;85 et 5,59 tandis que le tissu normal accuse les valeurs de 6,21 et 6,01. On pourrait ainsi multiplier les exemples en signalant les nombreuses expériences effectuées sur des tissus animaux.

En définitive, il semble bien établi que toute modification apportant un trouble au bon fonctionnement de la cellule aboutit à des changements plus ou moins notables du pH intérieur. Mais là n'est pas tout l'intérêt que présente cette question de physico-chimie cellulaire, car, à la limite de précision des méthodes actuellement employées, il paraît assez délicat de tirer de ces seules mesures du pH intérieur des déductions importantes au point de vue biologique.

Comme nous allons le voir maintenant, plus grosses de conséquences sont les mesures du pHi cellulaire.

2° Relations entre le pH et le pHi.

Les remarquables travaux sur la physico-chimie du protoplasme cellulaire effectués par Vlès, Vlès-Achard-Prikelmaïer, Vlès-Reiss-Vellinger, Reiss, etc..., ont abouti à la conclusion

suivante : *Le pH intérieur de nombreuses cellules, aussi bien animales que végétales, doit se trouver normalement situé au voisinage du pHi de certaines substances protidiques du protoplasme et ce fait est la condition essentielle de l'équilibre physico-chimique des principes immédiats du contenu cellulaire.*

A partir de 1924, Vlès et de Coulon, poursuivant ces recherches, étudièrent le problème sous un autre aspect, à savoir : « si des perturbations pathologiques des conditions cellulaires ne pouvaient pas se répercuter sur les relations entre le point iso-électrique et le pH apparent, et si la différence entre ces deux valeurs ne permettait pas de définir une sorte de caractéristique de l'état de la cellule ou de l'organisme qu'on pourrait utiliser pour mettre en évidence et étudier les modifications pathologiques du milieu cellulaire ».

Les recherches ont porté sur des tissus animaux et notamment sur des muscles de souris blanches ; on a ainsi étudié la corrélation existant entre les points isoélectriques mesurés par cataphorèse et l'intervention de diverses affections. Le pH du fragment de muscle était estimé au microscope par la méthode des indicateurs colorés. Les essais ont porté sur plus de 10.000 animaux et ont rapidement dépassé, dit Vlès, le cadre assigné au début des expériences, expériences qui avaient seulement pour but de rechercher les propriétés physico-chimiques des tumeurs chez les souris. Voici les conclusions auxquelles aboutirent ces chercheurs :

1. — La théorie du point isoélectrique, pour être applicable à des mélanges compliqués comme des systèmes biologiques, doit subir un certain nombre de compléments : par exemple, l'expérimentateur doit tenir compte dans ses mesures de pHi de l'existence de mélanges d'ampholytes donnant à leur tour des complexes faisant apparaître des points neutres isoélectriques supplémentaires.

2. — *Les positions relatives du pH et des points isoélectriques du contenu cellulaire conditionnent l'équilibre physico-chimique de la cellule normale ; des perturbations pathologiques de l'organisme se traduisent par des modifications de ces relations,*

C'est vraiment là la partie originale de ces recherches. C'est ainsi que Vlès et de Coulon ont montré que des infections bactériennes virulentes produisent un décalage considérable du pH et du pHi. Des tumeurs greffées ou spontanées, des injections de substances diverses peuvent modifier les points isoélectriques. Dans une étude sur le sérum sanguin de l'homme, des décalages de points isoélectriques s'obtiennent également dans diverses circonstances physiologiques et pathologiques. D'autre part, examinant l'évolution des tumeurs chez la souris, ces savants constatent une élévation du point isoélectrique musculaire par rapport aux muscles sains. Mais ils remarquent également que l'on peut, par une technique spéciale, faire varier à l'avance les mêmes points sur l'animal indemne et ils ajoutent : « On peut modifier à volonté par une technique fondée sur ces principes la réceptivité des souris pour les tumeurs épithéliales greffées et accélérer ou inhiber, suivant le cas, l'évolution de celles-ci ».

Sans vouloir généraliser les résultats obtenus par Vlès et ses collaborateurs sur les cellules animales, résultats déjà entrevus par Loeb et d'autres chercheurs sur les végétaux, il semble donc bien établi que dans toute cellule fonctionnant normalement le pH intérieur est voisin du point isoélectrique ; d'autre part, que des écarts appréciables entre le pH et certains points isoélectriques sont des indices d'une cellule en mauvais équilibre physico-chimique, ce mauvais équilibre pouvant se traduire par des perturbations d'ordre pathologique.

Partant de cette donnée, n'y aurait-il pas là un champ d'action riche de promesses pour les biologistes agricoles ? Certaines maladies physiologiques des végétaux ne seraient-elles pas dues à un déséquilibre physico-chimique du contenu cellulaire ? La notion de pH et de pHi, en apportant de nouvelles et précieuses indications aux hommes de laboratoire, ouvre aux chimistes et aux biologistes agricoles notamment, un vaste domaine inexploré où l'on entrevoit déjà d'encourageantes perspectives.

BIBLIOGRAPHIE

R. Legendre. — La concentration en ions hydrogène de l'eau de mer.

J. Loeb. — Les protéines.

P. Reiss. — Le pH intérieur cellulaire,

F. Vlès et A. de Coulon. — Sur les relations entre l'état de l'organisme et les propriétés physico-chimiques des substances musculaires. *C. R. Ac. Sc.*, t. 179, p. 82 (1924).

Recherches sur les propriétés physico-chimiques des tissus en relations avec l'état normal ou pathologique de l'organisme. *Arch. Phys. biol.* (1924), n° 1, p. 43 85.

F. Vlès. — Considérations théoriques sur le point isoélectrique des ampholytes : leur application à la formation des complexes. *Arch. de Phys. biol.*, IV. 3, p. 228-254 (1924).

F, Vlès et A. de Coulon. — Relations entre le déplacement expérimental des points isoélectriques musculaires et l'évolution des tumeurs greffées. *C. R. Ac. Sc.*, t, 181, p. 147 (20 juillet 1925).

Sur les propriétés physico-chimiques de certains constituants du sérum *C. R. Ac. Sc.* (28 sept. 1925).

Sur la réceptivité de l'organisme pour les greffes de tumeurs en relation avec les points isoélectriques des tissus. *C. R. Ac. Sc.*, t. 183, p. 244 (19 juillet 1926).

Recherches sur les propriétés physico-chimiques des tissus en relation avec l'état normal ou pathologique de l'organisme. *Arch. Phys. biol.*, t. V. 3., p. 125-211 (1926).

A. de Coulon, J. Nicod et F. Vlès. — Recherches sur les points isoélectriques du sérum de lapin en relation avec le développement des cancers du goudron. *Arch. Phys. biol.*, t. V. 4 (avril 1927).

F. Vlès et A. de Coulon. — Sur les modifications expérimentales de l'indice de réceptivité des souris pour les greffes de tumeurs. *C. R. Ac. Sc.*, t. 185, p. 403. (8 août 1927).

Sur l'interprétation des courbes d'indices de réceptivité des souris pour les greffes de tumeurs. *C. R. Ac. Sc.*, t. 185, p. 478 (22 août 1927).

Recherches sur les propriétés physico-chimiques des tissus en relation avec l'état normal ou pathologique de l'organisme. *Arch. Phys. biol.*, t. VII, 1. (1928).

Revue des notions actuelles sur un problème de physico-chimie pathologique. *Arch. Phys. biol.*, t. VII, (5 Mai 1929).

LES REPERCUSSIONS

DES

CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES DE L'ANNÉE 1930

SUR LE VIGNOBLE MÉRIDIONAL

par L. **CHAPTAL**

Directeur de la Station de Physique et de Climatologie agricoles de Montpellier

---

L'année viticole 1930 a été, dans la région de Montpellier, une année exceptionnellement humide à cause : 1° de sa forte pluviosité, 2° de son état hygrométrique élevé.

Du 1er octobre 1929 au 30 septembre 1930, on a recueilli, à la Station de Physique et de Climatologie agricoles de Bel-Air, 1041 mm. 7 d'eau, soit près de 300 mm. de plus que la normale, 754.

Afin de mettre en évidence la forte pluviosité de l'année 1930, nous avons calculé, pour chacun des mois des années 1929 et 1930, en plus de la hauteur totale de pluie recueillie, la hauteur efficace et l'effet utile, éléments dont nous avons récemment montré l'importance en climatologie agricole (1).

La hauteur efficace mensuelle a été obtenue en faisant la somme des hauteurs efficaces journalières calculées par la formule $h_e = h \pm h\left(\frac{h-t}{h+t}\right)$. Dans cette formule h_e représente la hauteur efficace ; h la hauteur d'eau recueillie et ht la hauteur qu'aurait donné une pluie d'une intensité de 1 mm à l'heure tombant pendant un temps t égal à la durée de la chute exprimée en heures.

---

(1) L. Chaptal. — La mesure de la pluie en climatologie agricole. *Annales agronomiques.* Année 1931, fasc. 2.

Quant à l'effet utile d'une journée de pluie, ou d'une série de jours consécutifs de pluie, il est donné par la relation $E_u = \frac{h_e}{2} (2 + (h_e - 1)\ 0.05$, dans laquelle h_e = la hauteur efficace ou la somme des hauteurs efficaces des journées consécutives de pluie.

Chaque fois que nous avons trouvé une période pluvieuse comprenant la fin d'un mois et le début du mois suivant, nous avons calculé : 1° l'effet utile correspondant à la somme des hauteurs efficaces des derniers jours du mois, soit E_u ; 2° l'effet utile correspondant à la somme des hauteurs efficaces quotidiennes de l'ensemble de la période, soit E'_u ; 3° l'effet utile de la pluie tombée dans les premiers jours du mois en faisant la différence $E'_u - E_u = E''_u$; 4° porté au premier mois la valeur E_u, au second la valeur E''_u.

En pratique h_e et E_u peuvent être très rapidement obtenus au moyen de tables calculées une fois pour toutes.

Le graphique 1, qui permet de comparer les années 1929 et 1930, donne pour chaque mois : 1° la hauteur totale de pluie ; 2° la hauteur efficace ; 3° l'effet utile.

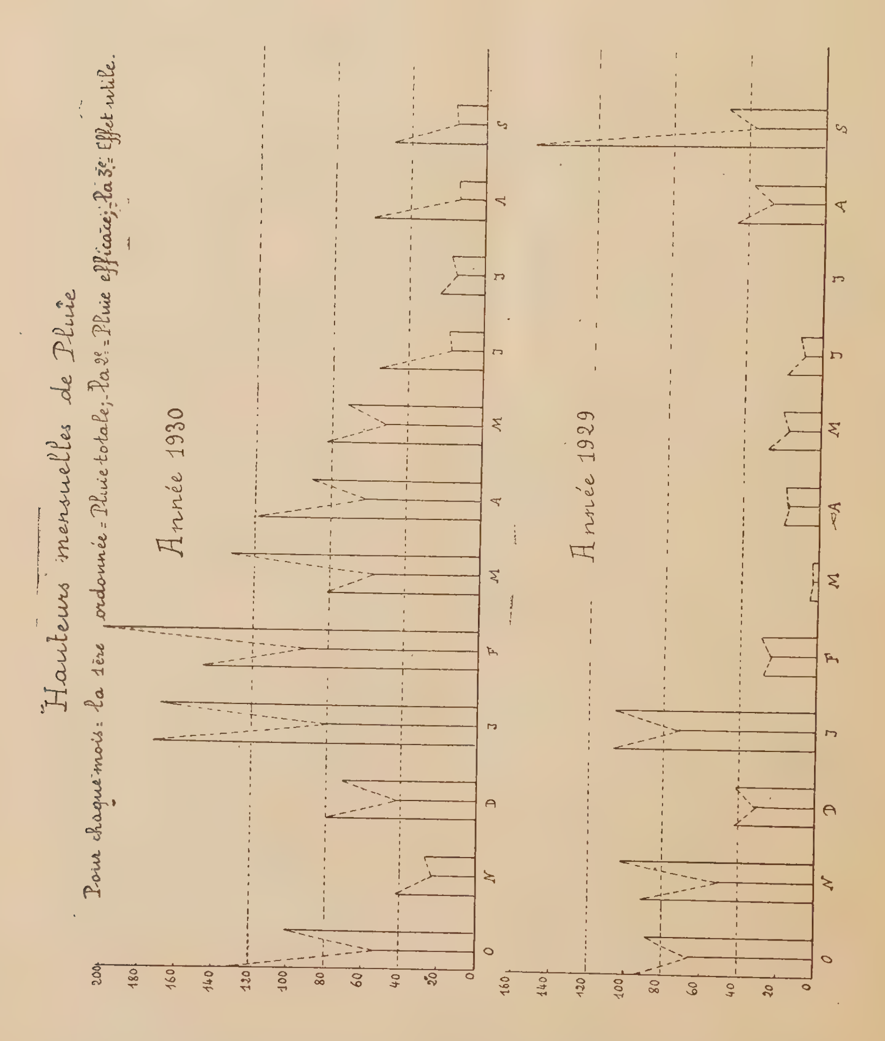
Une grande inclinaison de la première partie de la ligne brisée réunissant ces 3 valeurs indique de fortes averses, exemple : Septembre 1929 ; une grande inclinaison de la seconde partie indique des périodes pluvieuses, exemple : janvier-février-mars 1930.

Quand E_u est plus petit que h, c'est l'indice d'un nombre de fortes pluies, exemple : mois d'été 1929 et 1930 ; s'il est plus grand, c'est l'indice d'une forte imprégnation du sol, exemple : février et mars 1930.

* * *

Pendant l'hiver 1930, c'est-à-dire du 1er décembre 1929 au 28 février 1930, on a enregistré à la Station de Bel-Air : 400 mm. 1 de pluie alors que la moyenne de la saison est 181 mm. 5

et qu'à Paris le total annuel est seulement 575 mm. C'est la plus grande hauteur d'eau tombée en hiver, à Montpellier, depuis 1873.



Cette abondance exceptionnelle des précipitations ne suffit cependant pas pour expliquer l'importance des inondations qui, au début de Mars, ont dévasté la région.

Il arrive, assez fréquemment, que les 3 mois de l'automne, qui est à Montpellier la saison la plus pluvieuse, donnent un total

de pluie bien supérieur à celui de l'hiver 1930. Ce total a atteint jusqu'à 871 mm. 5, soit plus du double.

Tandis que les pluies d'automne tombent sur un sol en général très desséché par la saison chaude, les pluies de l'hiver 1930 sont tombées sur un sol déjà gorgé d'eau, par les précipitations de l'automne précédent. Le graphique 1 montre, en outre, qu'en février, notamment, l'effet utile de ces pluies a été considérable et qu'elles ont fortement imprégné la terre, sur une grande profondeur.

Dans l'Hérault, qui a eu 16.000 Ha inondés, ce sont les rivières provenant du versant méridional des Cévennes et en particulier l'Hérault et l'Orb qui ont fait le plus de dégâts.

A l'Observatoire du Mont Aigoual (1560 m. d'altitude, 60 km NW de Montpellier) au voisinage de la source de l'Hérault, les hauteurs mensuelles d'eau enregistrées, de septembre 1929 à mars 1930, sont :

	1929-1930		Normales (moyennes de 29 ans)	
	—		—	
Septembre	493		209.47	
Octobre	587	1295	341.51	888.73
Novembre	215		337.75	
Décembre	246		220.69	
Janvier	184	619	196.57	572.41
Février	189		155.15	

Il ressort du tableau ci-dessus que c'est à l'automne et non au moment des inondations qu'il est tombé le plus d'eau à l'Aigoual.

C'est donc à la persistance du mauvais temps plutôt qu'à de fortes précipitations qu'il faut attribuer les crues qui se sont produites, dans la région, au début de Mars.

Il convient toutefois d'indiquer que sur plusieurs points, les pluies de la fin de l'hiver ont été extrêmement violentes ; à Saint-Gervais sur Mare, dans la partie moyenne du bassin de l'Orb (Altitude 330 m., 64 km W de Montpellier) on a recueilli,

du 24 février au 2 mars, un total de 490 mm. 5, dont 192 dans la journée du samedi 1er Mars. On doit aussi tenir compte que l'eau provenant de la fonte rapide de la neige qui couvrait une partie de la zone montagneuse est venue s'ajouter à la pluie. Le sol saturé d'humidité n'a pas pu absorber rapidement cet apport considérable d'eau qui, ruisselant sur des terrains déboisés a provoqué des crues excessivement rapides.

* * *

En Mars, Avril, Mai et Juin, les hauteurs des précipitations sont restées sensiblement supérieures aux normales correspondantes et les jours de pluie ont été aussi très nombreux. C'est ce qui explique la fréquence et l'intensité des attaques du mildiou de la vigne pendant cette période.

L'évolution de la maladie a été favorisée par une grande humidité de l'air, une insolation relativement faible et une température peu élevée. L'examen de l'état hygrométrique ne rend pas exactement compte des conditions d'humidité dans lesquelles les végétaux se développent. Au point de vue biologique, la sécheresse de l'air est mieux exprimée par la différence $H - h$ entre la tension maxima de la vapeur d'eau à la température de l'air et sa tension réelle dans l'atmosphère. C'est cette valeur que Duclaux a désignée sous le nom de facteur d'évaporation et que d'autres auteurs appellent déficit hygrométrique. Il est préférable, pour éviter toute confusion, de réserver le nom de déficit hygrométrique à la différence $P - p$ entre le poids de vapeur d'eau qu'étant donné sa température renfermerait 1 mètre cube d'air s'il était saturé et le poids qu'il en contient réellement. En pratique, pour les températures usuelles, les deux valeurs $P - p$ et $H - h$ sont peu différentes.

Pour un même état hygrométrique, l'écart entre la quantité de vapeur d'eau que contient l'air et celle qu'il contiendrait s'il était saturé est d'autant plus faible que la température est moins élevée. Les conditions de milieu sont mieux précisées par le déficit hygrométrique, qui est une différence, que par l'état hygro-

métrique, qui est un rapport, et n'a par conséquent qu'une valeur relative.

Voici les valeurs mensuelles des déficits hygrométriques (P — p) mensuels pour les années 1928-1929-1930.

	Déficits hygrométriques mensuels		
	1928	1929	1930
Mars	2.64	3.56	3.02
Avril	3.93	4.85	3.20
Mai	4.67	6.43	4.40
Juin	6.83	8.60	5.57
Juillet	11.01	9.15	7.8
Août	8.74	8.19	6.88
Septembre	6.89	5.89	6.31

Ce tableau montre que pendant la période de végétation de la vigne l'air a été beaucoup plus voisin de sa saturation en 1930 qu'en 1929 et 1928.

Cette humidité persistante a fortement favorisé l'évolution du mildiou. Alors qu'au début de la végétation la sortie de nombreuses grappes faisait espérer une vendange exceptionnelle, les ravages causés par la maladie, bien qu'irrégulièrement répartis, ont réduit considérablement la récolte. Pour l'ensemble du département de l'Hérault, la différence avec l'année 1929 (déjà en déficit de 2.000 000 d'hectolitres sur l'année précédente) a dépassé 3.000.000 d'hectolitres,

*
* *

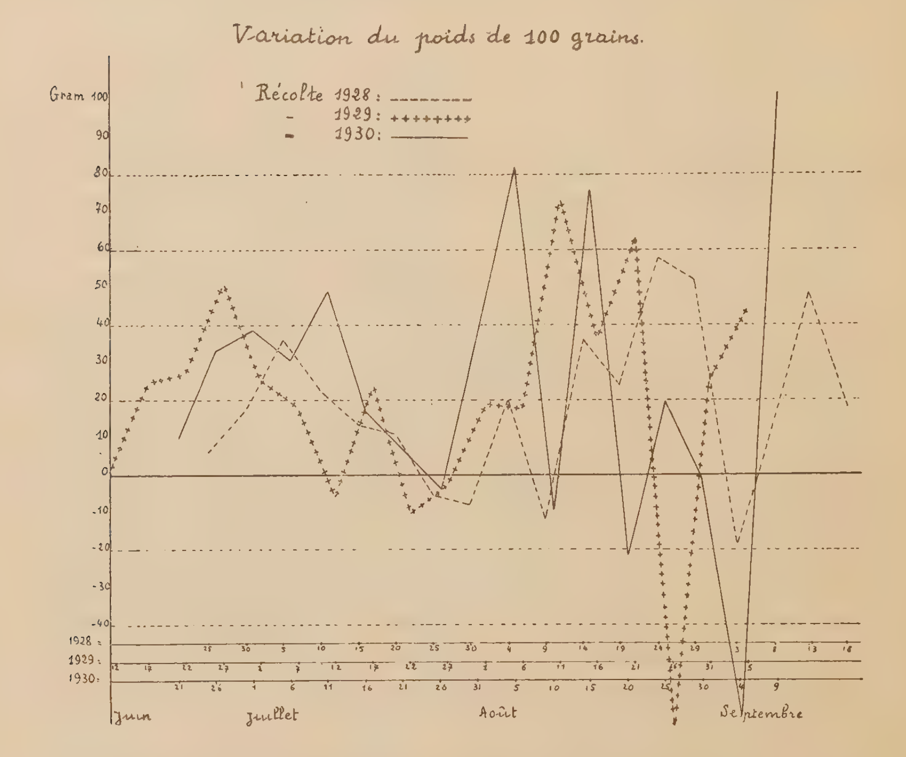
Examinons maintenant comment s'est développée la vigne pendant cette année 1930 dont les conditions atmosphériques ont été totalement différentes de celles des années précédentes.

Comme en 1928 et en 1929 (1), nous avons : 1° mesuré tous les 5 jours pendant la période de croissance l'allongement de

(1) L. Chaptal. — De l'influence de quelques facteurs écologiques sur le développement de la vigne pendant l'année 1929. *Annale de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier*, T. XX, fasc. 11.

10 sarments d'aramon ; 2° pesé tous les 5 jours, de la floraison à la vendage, 100 grains d'Aramon.

La courbe de l'allongement des sarments et celle de l'évaporation, établies toutes deux par demi-décades, tout en ayant la plupart des maxima en concordance, présentent un parallélisme moins net qu'au cours des années sèches. Il semble que la fré-



quence des pluies a atténué l'influence de l'évaporation, cette dernière a d'ailleurs été beaucoup plus faible que les années précédentes.

Quant aux courbes du développement des grains et de l'humidité de l'air, établies également par demi-décades, bien que la fréquence des pluies ait ici aussi contrarié, dans une certaine mesure, l'action de la vapeur d'eau atmosphérique, on y trouve nettement les diverses caractéristiques mises en évidence en 1928 et 1929.

Malgré d'assez fortes et d'assez fréquentes pluies, on constate, de fin Juillet à la vendange, une grande analogie entre la courbe de l'état de l'humidité de l'air et celle de l'augmentation de poids du grain. Pendant cette période de la végétation, c'est la vapeur d'eau atmosphérique qui, même en année pluvieuse, paraît jouer le rôle principal. De plus on trouve, comme les années antérieures, 4 demi-décades au cours desquelles le poids des 100 grains a diminué au lieu d'augmenter. Ces diminutions de poids s'observent tous les ans à des dates correspondant sensiblement (Graphique N° 2) aux mêmes états de développement.

Les précipitations selon leur intensité, leur durée, l'état du sol, etc..., ont sur la végétation une action plus ou moins rapide. Les années pluvieuses, comme 1930, pendant lesquelles il tombe de l'eau presque toutes les demi-décades, les effets de la pluie en se superposant à ceux des autres facteurs climatériques masquent l'action de ces derniers. Dans ces cas, au lieu de prendre comme unité de temps la demi-décade, période qui convient pour les années à précipitations peu fréquentes, il y aurait, intérêt à choisir une unité plus petite : 48 heures ou même la journée.

Bien que, de la floraison à la la récolte, la température ait été beaucoup plus basse en 1930 qu'en 1928 et 1929 et que la chute anticipée des feuilles, provoquée par les attaques de mildiou, ait plutôt contrarié la maturation, les vendanges n'ont pas été tardives.

Il semble encore une fois que, dans la région, un excès d'humidité peut compenser un déficit de chaleur.

DOSAGE RAPIDE DU POTASSIUM

PAR CENTRIFUGO-MESURE

Par MM. **L. MAUME** et **J. DULAC**.

La détermination quantitative du potassium dans les solutions renfermant ce métal se pratique couramment dans les laboratoires à l'aide des méthodes classiques de la chimie analytique. Il convient de signaler toutefois que le temps nécessité pour mener à bonne fin une analyse correcte est, dans la majorité des cas, un sérieux inconvénient pour les laboratoires ayant à effectuer des dosages nombreux.

Déjà depuis quelques années différents chimistes se sont attachés à mettre au point des méthodes rapides pour le dosage du potassium. Parmi eux, M Jander (1) fit en 1928, au congrès des chimistes allemands à Dresde, un exposé comparatif des divers procédés modernes utilisés pour le dosage de l'ion « potassium », procédés basés :

1° sur la précipitation du ferrocyanure de potassium et de calcium ;

2° sur la précipitation du cobaltinitrite de potassium (ou de sodium) ; avec un excès suffisant de NaCl dans la liqueur de précipitation, le rapport $\frac{Na}{K}$ dans le précipité est constant ; on peut alors déterminer le poids du précipité en le redissolvant dans une solution sulfurique de sulfate ferreux et en mesurant le volume ;

3° sur le titrage conductométrique par précipitation du perchlorate de potassium ; le terme final est rendu visible au moyen d'une croix thermique et d'un galvanomètre.

(1) Chem. Ztg 1928 — in *Annales de Chimie analytique*. Nov. 1928.

La méthode que nous allons décrire a ceci de particulier : contrairement aux méthodes classiques, elle supprime la pesée du précipité, ce qui réduit d'une manière appréciable la durée de l'opération analytique. D'autre part une technique plus simple que celle qui a été décrite à propos des méthodes récentes permet de confier l'analyse sans inconvénient à un aide-chimiste. La précision des résultats est suffisante pour permettre la généralisation de la méthode dans tous les cas où il s'agira d'effectuer des dosages comparatifs.

Principe de la méthode. — La méthode consiste à précipiter le potassium, comme on le fait habituellement par le réactif cobaltico-sodique, à recueillir dans des conditions définies le précipité dans un tube à centrifuger spécial au fond duquel il se rassemble. La détermination quantitative se réduit alors à la mesure de la hauteur du cobaltinitrite de potassium dans le tube à centrifuger ; ce dernier ayant été étalonné à l'avance en se servant d'une liqueur titrée d'un sel de potassium, il suffira, pour connaître la richesse en K^2O de la prise d'essai soumise à l'analyse, de multiplier la hauteur du précipité dans le tube à centrifuger par un coefficent établi pour chaque tube une fois pour toutes.

Appareil. — a) *La centrifugeuse.* — La centrifugeuse employée est du type courant ; elle comprend six douilles porte-tubes en cuivre (fig. 1).

Le mouvement est donné par un moteur de 1/4 de C. V. fonctionnant sur alternatif 110 volts — 50 périodes — nombre de tours par minute 2.800. Une résistance à plots permet de modifier cette vitesse.

b) *Tubes à centrifugation.* — Ils ont été établis sur nos indications par une maison de verre Pyrex conformément aux dessins (fig. 2 et 3).

Chaque dispositif à centrifuger se compose d'un réservoir d'une contenance de 50 cc environ, au bas duquel on a soudé un tube *bien calibré* fermé à la partie inférieure par un bouchon tronconique en verre soigneusement ajusté et rodé. Cette fermeture

tout en étant parfaitement étanche permet le nettoyage du tube à centrifuger après chaque opération. Au moment de la centrifugation chaque tube est placé dans une douille en cuivre qui le protège. Signalons encore que le tube repose au fond de la douille sur un tampon de coton, ce qui assure, pendant la rotation, par l'effet de la force centrifuge, une bonne fermeture du bouchon. Les tubes à centrifuger, quoiques fabriqués avec soin, ne sont pas rigoureusement identiques et le diamètre du tube capillaire où se fait la mesure peut varier d'un tube à l'autre.

Remarque importante concernant le tassement du précipité dans la partie capillaire du tube à centrifuger.

Nous venons de dire que le principe de la méthode consiste à mesurer dans un tube capillaire calibré la hauteur du précipité de cobaltinitrite de potassium correspondant à une prise d'essai parfaitement définie. Il y a lieu toutefois de signaler que, pour une même quantité de précipité, cette hauteur est variable et qu'elle dépend d'une part de la *texture physique* du précipité, texture qui peut varier suivant les conditions de sa formation ; d'autre part de son *tassement* plus ou moins complet dans le tube capillaire.

A — *Facteurs faisant varier la texture du précipité.* — La nature du réactif, son âge et le temps qui s'écoule entre le moment de la précipitation et celui de la centrifugation ont une influence marquée sur la dimension des cristaux de cobaltinitrite de potassium Cette influence se traduit par une hauteur de précipité supérieure quand les cristaux sont gros, car le volume apparent est alors plus important.

1° En ce qui concerne la nature du réactif nous avons observé une différence assez sensible en employant alternativement le réactif Garola et Braun (*Annales des Falsifications* 1917) et le réactif conseillé par Delaville et Carlier (*C. R. Ac. des Sc.* 15 mars 1926).

Il suffira d'adopter un de ces réactifs une fois pour toutes, aussi bien dans l'étalonnage des tubes à centrifuger que dans les opérations analytiques.

2° Quant aux deux autres facteurs — âge du réactif et temps écoulé entre la précipitation et la centrifugation — leur influence est d'autant plus marquée que les opérations sont plus rapidement effectuées. Des essais systématiques nous ont permis de déterminer le temps à partir duquel leur action devient négligeable.

Nous reproduisons ci-dessous quelques-uns de nos résultats qui mettent en évidence le fait qu'il est inutile de préparer le réactif plus de 16 heures à l'avance : la hauteur du précipité restant constante à partir de 8 à 10 heures. Cet intervalle de temps a l'avantage de correspondre à une nuit : en effet, on mélange le nitrite de soude et la solution de nitrate de cobalt à 17 heures et on précipite la solution potassique à analyser le lendemain matin 9 heures.

Age du réactif	Hauteur du précipité en m/m			
	tube N° 1	tube N° 2	tube N° 3	tube N° 4
Réactif préparé :				
au moment de l'emploi	29,5	32	31,5	30,5
8 h avant l'emploi..	29	31	31,5	30
16 h. avant l'emploi..	29	31	31.5	30
24 h. avant l'emploi..	29	31	31,5	30

Le tableau suivant montre l'influence du temps de contact du réactif et de la solution à analyser sur la hauteur du précipité. Comme on le voit dans les deux essais, le volume du précipité demeure constant à partir d'une durée de précipitation de 3 heures. Nous avons adopté 5 heures pour conserver une certaine marge de sécurité.

Durée de précipitation. *1er Essai* (réactif préparé 16 h. avant l'emploi)

	tube N° 1	tube N° 2	tube N° 3	tube N° 4
1 heure.........	29,5	32	31,5	30,5
2 heures........	30	32,5	32,5	31
3 heures........	31	33	33,5	32
4 heures........	31	33	33,5	32
5 heures........	31	33	33,5	32

2e Essai.

	tube N° 5	tube N° 6	tube N° 7	tube N° 8
1 heure.........	29	31,5	29	31,5
2 heures........	30	32,5	31,5	32,5
3 heures	31,5	33	32,5	33
4 heures........	31,5	33	32,5	33
5 heures........	31,5	33	32,5	33

B. — *Facteurs faisant varier le tassement du précipité.* 1° *La vitesse de centrifugation.* — Il est difficile de maintenir les centrifugeuses à une vitesse constante par suite des irrégularités de tension des réseaux électriques, toutefois comme cette vitesse descend rarement au-dessous de 2.000 tours par minute dans les appareils du genre de ceux que nous utilisons, on atteint au bout de 15 à 20 minutes au maximum, le tassement limite qui est requis pour la précision de l'analyse.

2° *Le diamètre du tube capillaire.* — Il y a une limite inférieure pour le diamètre du tube capillaire au-dessous de laquelle la centrifugation est mauvaise : le précipité n'occupant pas régulièrement toute la hauteur du tube et laissant ainsi des espaces vides. Si d'autre part on utilise un tube capillaire possédant un diamètre trop grand la précision des mesures est sensiblement réduite. Dans nos essais nous avons adopté un tube de 2 m/m de diamètre intérieur.

3° *La température de la pièce dans laquelle on opère.* — On sait que le précipité de cobaltinitrite doit être formé en milieu acétique. Cet acide quoique faible décompose l'excès de NO^2Na ; il y a production de NO. La présence de ce gaz dans le liquide à centrifuger est une cause d'erreur non négligeable, car la formation de bulles dans le tube capillaire a pour conséquence une augmentation du volume apparent du précipité. On peut éviter cet inconvénient de deux façons : 1° en laissant ouverts les récipients contenant les précipités à une température de 15° à 20° ; dans ce cas la solubilité du gaz diminue et le tassement du précipité pendant la centrifugation est ensuite normal ; 2° en lavant

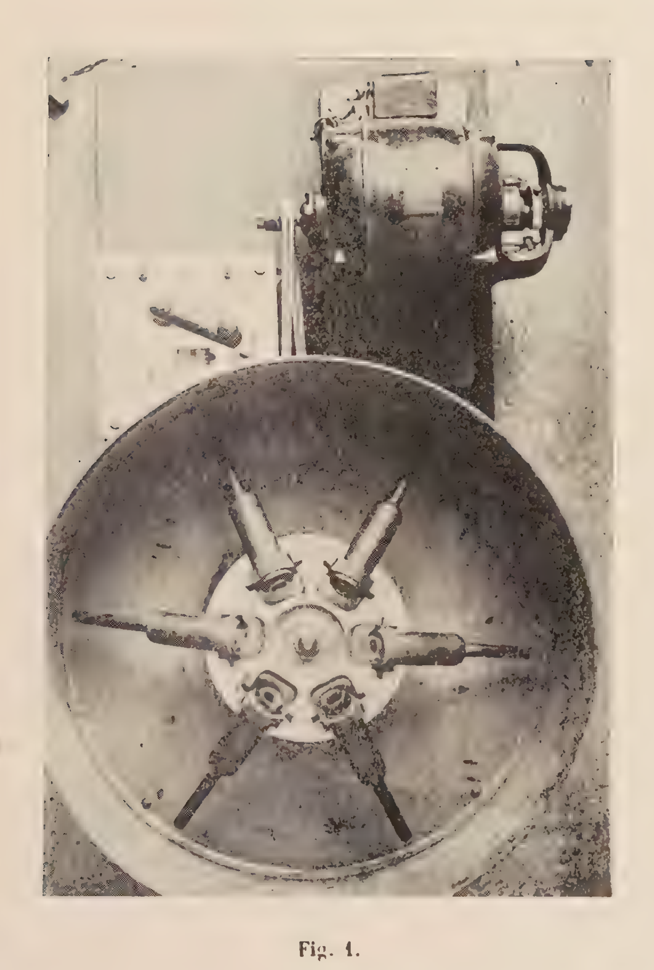


Fig. 1.

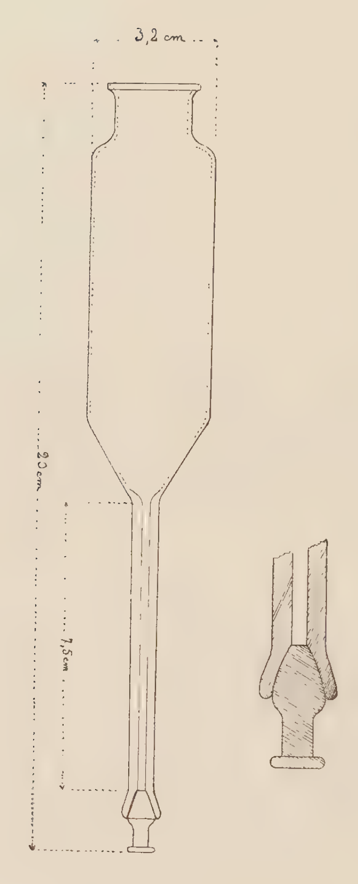


Fig. 2

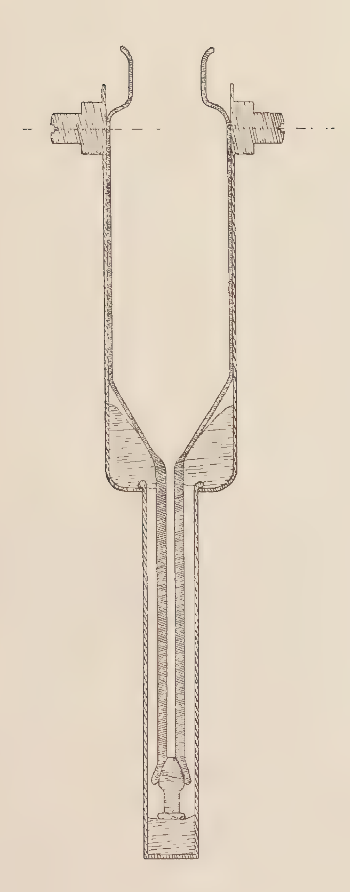


Fig. 3

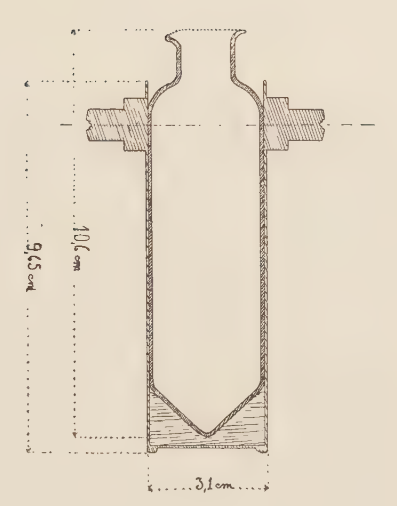


Fig. 4



Fig. 5.

le précipité par décantation avec de l'eau acétique au 1/10e pour le débarrasser de l'excès de réactif, cette opération se faisant avant la centrifugation définitive dans un tube à centrifuger du modèle de la figure 4.

Etalonnage du tube à centrifuger. — Il est nécessaire d'étalonner une fois pour toutes chaque tube à centrifuger de façon à connaître exactement la quantité de potassium correspondant à une hauteur de précipité déterminée. A cet effet, on précipite l'ion K d'une prise d'essai d'une liqueur titrée de KCl. La prise d'essai est choisie de telle sorte que le précipité obtenu occupe une hauteur suffisante dans le tube capillaire (7 à 8 cm).

Soit q la quantité de K^2O correspondant à la prise d'essai de la liqueur titrée de KCl, h la hauteur du précipité exprimée en m/m après centrifugation,

Le quotient $\frac{q}{h}$ donne la quantité de K^2O correspondant à une hauteur de 1 m/m du tube capillaire.

$\frac{q}{h}$ sera le coefficient propre du tube à centrifuger envisagé.

Technique opératoire. — 1° La solution à analyser est débarrassée des ions NH^4 et alcalino-terreux, comme il est indiqué dans la méthode courante de dosage du potassium sous forme de cobaltinitrite double de Na et K.

2° Une prise d'essai de la liqueur à analyser est introduite dans un premier tube à centrifuger (fig. 4) avec une quantité suffisante de réactif cobaltico-sodique préparé 16 heures à l'avance. Après un temps de précipitation de 5 h. on centrifuge quelques minutes. Le précipité se sépare facilement de la partie liquide. On décante le liquide surnageant en le remplaçant par de l'eau distillée acidulée par de l'acide acétique au 1/10e (deux décantations sont généralement suffisantes). De cette façon les bulles de gaz formées sont éliminées.

3° On fait passer ensuite soigneusement à l'aide d'un jet de pissette le précipité dans le tube spécial à centrifuger précédemment décrit (fig. 2). Celui-ci est placé dans la douille protec-

trice en cuivre et on centrifuge pendant 1/4 d'heure environ à la vitesse de 2.000 à 3.000 tours à la minute. Le tassement du précipité atteint alors au bout de ce temps sa valeur limite.

4° On sort ensuite avec précaution le tube de sa douille et on mesure avec un double centimètre (si le tube n'est pas gradué) la hauteur que le précipité occupe dans le tube capillaire. On multipliera cette hauteur exprimée en millimètres par le coefficient propre du tube. On obtient ainsi la richesse en potasse de la prise d'essai.

Voici à titre d'exemple quelques résultats extraits de notre cahier d'analyses.

1re OPÉRATION. — *Etalonnage des tubes avec une solution de KCl N/25.*

Numéro des tubes		tube N° 1	tube N° 2	tube N° 3	tube N° 4
Hauteur de précipité	1er essai	31,5	33,0	34,0	32,0
pour une prise de	2e essai	32,0	33,5	34,0	32,5
KCl de 10cc correspondant à 0gr,0188 de K^2O.	Moyenne	31,75	33,25	34,0	32,25
	Coefficient K	0,000592	0,000565	0,000553	0,000582

2me OPÉRATION. — *Application au titrage d'une solution de KCl correspondant à 3 gr. de K^2O par litre. Prise 10 cc*

Numéro des tubes	tube N° 1	tube N° 2	tube N° 3	tube N° 4
Hauteur du précipité h........	50	51,5	54,5	52,5
Résultat : $K \times h \times \frac{1000}{10} = r$..	2,96	2,91	3,01	3,05
Erreur absolue : $3-r$........	—0.04	—0,09	+0,01	+0,05
Erreur relative : $\frac{3-r}{3}$........	0,0133	0,030	0,0033	0,0166

Dans cette série, l'erreur relative ne dépasse pas 0,030, et dans nos divers essais elle reste dans cette limite. On voit que par notre méthode, l'erreur relative est du même ordre de grandeur que par les méthodes pondérales courantes.

APPLICATION DE LA MÉTHODE A L'ANALYSE DES MATIÈRES VÉGÉTALES. — En résumé, cette nouvelle méthode assure aux chimistes un gain de temps appréciable, et nous avons pensé faire œuvre utile

en la signalant à l'attention des laboratoires qui ont à effectuer des dosages de potassium en série.

La méthode de dosage par centrifugomesure permet de conserver une preuve matérielle des résultats analytiques : il suffit de photographier les tubes avec leur précipité pour obtenir graphiquement les ordonnées proportionnelles aux quantités de potassium dosé (fig. 5).

Cette méthode s'adapte particulièrement au cas des analyses périodiques d'organes végétaux. La photographie, quand le contenu de chaque tube correspond au même poids de matière sèche, relève alors la cinématique de l'absorption du potassium.

LES MACHINES ÉLÉVATOIRES
POUR L'UTILISATION DES EAUX SOUTERRAINES ET LEURS MOTEURS

Rapport présenté au Congrès de l'Eau en Crau (Juillet 1930)

par M. BLANC
Ingénieur en chef du Génie rural,
Professeur de Génie rural à l'Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier.

Ce rapport n'a aucune prétention d'ordre scientifique ou technique.

Nous voulons simplement indiquer aux futurs arrosants de la Crau les machines élévatoires dont ils pourront se servir pour utiliser les eaux souterraines dont l'existence est actuellement révélée; nous leur dirons également quels sont les moteurs capables d'actionner ces machines et comment il est facile de faire entre eux, dans chaque cas particulier, un choix judicieux. A ce point de vue, nous n'entendons pas donner des chiffres, toujours discutables, car correspondant à des conditions particulières d'utilisation, mais, plus utilement, indiquer une méthode générale toujours valable dans tous les cas.

Nous diviserons donc notre exposé en deux parties :

1° Les machines élévatoires ;

2° Les moteurs propres à actionner ces machines.

I. — MACHINES ELÉVATOIRES (1).

. . . .

(1) Comme nous ne disposons pas des clichés nécessaires, nous ne reproduisons ici que la seconde partie du rapport. Pour la première partie, voir le Compte rendu général du Congrès de l'Eau en Crau (Chemins de fer P.-L.-M.).

(Note de la Direction).

II. — MOTEURS A EMPLOYER

Avant de parler des moteurs eux-mêmes, nous croyons bon de donner quelques indications sur l'énergie absorbée par une machine élévatoire et la puissance qu'elle exige.

Tout d'abord, rappelons que l'unité de travail ou d'énergie dans le système d'unités pratiques est le kilogrammètre (kgm) qui est le travail nécessaire pour élever 1 kilogramme à 1 mètre. Une pompe élevant 300 litres d'eau à 10 mètres de hauteur effectuera donc un travail de 3 000 kgm ; pour effectuer ce travail, qui est le *travail utile,* la pompe empruntera au moteur qui l'actionne un *travail moteur* supérieur au premier tel que :

$$\frac{\textit{travail utile}}{\textit{travail moteur}} = \text{rendement de la pompe,}$$

d'où l'on tire :

$$\text{travail moteur} = \frac{\textit{travail utile}}{\textit{rendement}}$$

et :

$$\text{travail utile} = \text{travail moteur} \times \text{rendement.}$$

Ce travail moteur est celui qui doit être effectivement fourni par le moteur, et qui, pour cela, quand on parle du moteur, s'appelle *travail effectif.*

Si donc la pompe précédemment envisagée a un rendement de 50 °/₀, le travail moteur qui devra lui être effectivement fourni pour qu'elle effectue un travail utile de 3.000 kgm environ sera de :

$$\text{travail moteur} = \frac{3.000}{0{,}5} = 6.000 \text{ kgm}$$

Par ailleurs, la *puissance utile* d'une machine élévatoire est tout simplement le travail utile qu'elle effectue pendant une seconde.

De même, la *puissance absorbée* par cette machine est le travail moteur qu'elle absorbe pendant une seconde.

Et comme pour le travail utile et le travail moteur, on a :

$$\text{Puissance absorbée} = \frac{\textit{puissance utile}}{\textit{rendement}}$$

$$\text{Puissance utile} = \text{puissance absorbée} \times \text{rendement.}$$

$$\text{Rendement} = \frac{\textit{puissance utile}}{\textit{puissance absorbée}}$$

Si la pompe précédente a fonctionné pendant 10 secondes pour élever 300 litres d'eau à 10 mètres, la puissance utile correspondant au travail utile qu'elle aura ainsi effectué (soit 3.000 kgm) sera de :

$$\frac{3.000}{10} = 300 \text{ kgm par seconde.}$$

Or, une puissance s'évalue en chevaux-vapeur (CV) et 1 cheval-vapeur vaut 75 kgm, la puissance précédente est donc égale à :

$$\frac{300}{75} = 4 \text{ CV.}$$

Plus simplement, comme le débit d'une machine élévatoire est précisément défini par la quantité d'eau que cette machine élève en une seconde, on aura immédiatement sa puissance utile en chevaux-vapeur en divisant par 75 le produit du débit exprimé en litres par la hauteur d'élévation exprimée en mètres.

Il faut noter d'ailleurs que, si l'eau est refoulée dans une longue canalisation, on doit prendre comme hauteur d'élévation une hauteur fictive égale à la somme de la hauteur réelle d'élévation augmentée de la hauteur représentant la perte de charge dans la canalisation. On trouve cette perte de charge dans des tables spéciales. (Quand on ne dispose pas de ces tables, on peut, *a priori*, dans bien des cas, admettre une perte de charge égale à 10 °/₀ de la hauteur réelle d'élévation.)

Quant à la puissance *absorbée* par la pompe susvisée, c'est-à-dire la puissance *effective* qui devra être fournie par le moteur,

elle sera égale, d'après ce que nous avons vu, en supposant un rendement de 50 %, à :

$$\frac{4}{0,5} = 8 \text{ CV.}$$

Lorsque le moteur qui entraîne la machine élévatoire est un moteur électrique, on évalue souvent sa puissance non en chevaux-vapeur, mais en kilowatts (kw). Un kilowatt vaut un peu plus d'un cheval-vapeur, soit 1 CV, 360, ou encore un cheval-vapeur vaut 0 kw. 735. Ainsi la puissance de 8 chevaux-vapeur de notre moteur précédent s'exprimerait en kilowatts par :

$$8 \times 0,735 = 5 \text{ kw } 88.$$

On prendrait donc un moteur de 6 kilowatts en nombre rond.

L'énergie fournie ou absorbée par une machine pendant un temps donné s'évalue généralement en chevaux-heure (CVh) ou en kilowatts-heure (kwh). On l'obtient en multipliant la puissance exprimée en chevaux-vapeur ou en kilowatts par la durée d'utilisation évaluée en heures. Ainsi, le précédent moteur de 8 chevaux-vapeur travaillant 10 heures aura fourni :

$$8 \times 10 = 80 \text{ CVh.}$$

De même, notre moteur de 6 kilowatts travaillant 10 heures fournira :

$$6 \times 10 = 60 \text{ kwh.}$$

Bien entendu, comme pour les puissances, on a :

$$1 \text{ CVh} = 0 \text{ kwh, } 735.$$
$$1 \text{ kwh} = 1 \text{ CVh, } 360.$$

Il est facile, dans ces conditions, de déterminer la quantité d'énergie nécessaire pour effectuer un arrosage donné. Supposons que l'on irrigue des prairies avec un débit fictif continu de 1 litre par hectare et par seconde du 1er avril au 30 septembre, soit pendant 183 jours : la quantité d'énergie correspondant à 1 hectare de terre arrosée avec une élévation d'eau de 1 mètre se calculera comme suit :

Travail utile par seconde : 1 kg × 1 m. = 1 kgm.

Puissance utile fournie par la machine élévatoire : 1 kgm /seconde, soit en chevaux-vapeur $= \frac{1}{75}$

Energie utile fournie en chevaux-vapeur-heure du 1er avril au 30 septembre, soit pendant 183 jours :

$$\frac{1 \times 24 \times 183}{75} = 58 \text{ CVh}, 56.$$

Si l'installation a un rendement de 0,50, l'énergie absorbée par la machine, égale à celle que doit fournir le moteur, sera égale à :

$$\frac{58,56}{0,5} = 117 \text{ CVh}, 12.$$

En somme, pour arroser un hectare de prairie du 1er avril au 1er octobre, en élevant l'eau de un mètre, avec un débit fictif continu de un litre par seconde et par hectare, la quantité d'énergie à emprunter au moteur est de 117 chevaux-vapeur-heure, ou, s'il s'agit d'un moteur électrique :

$$117 \times 0,735 = 86 \text{ kwh}.$$

Ce sont là des notions simples à la portée de tous et elles conduisent à des calculs également simples que chacun peut faire.

Ceci posé, passons à l'examen rapide des moteurs eux-mêmes.

Pour actionner les machines élévatoires, on peut utiliser soit des moteurs animés, soit des moteurs inanimés.

*
* *

Moteurs animés

Ce sont l'homme et les animaux.

L'homme ne peut guère être employé que pour élever les faibles quantités d'eau nécessaires à son alimentation, à celle du bétail ou encore à l'arrosage de très petites surfaces, telles que jardins potagers ou jardins d'agrément. Un homme, agissant

sur une manivelle, peut exercer un effort de 10 kilogrammes à une vitesse de 0 m. 80 à la seconde, soit un travail effectif de 8 kilogrammètres à la seconde, ce qui représente, en tenant compte du rendement moyen de l'installation, l'élévation à 5 mètres de hauteur de 0 lit. 8 à la seconde, ou 48 litres à la minute.

Dans ces conditions, l'homme pourra être employé pour actionner les modèles à faible débit des machines suivantes : chapelet, bande multicellulaire Caruelle, chaîne-hélice, câble-pompe, pompe à sangle, et petite pompe alternative ou rotative.

Quant aux animaux, c'est surtout, selon toute vraisemblance, au cheval travaillant au manège que l'on aura affaire. Un cheval peut ainsi fournir, à une vitesse normale de 0 m. 90 à la seconde, un effort soutenu de 45 kilogrammes, soit un travail de 40,5 kilogrammètres. La vitesse du manège étant relativement réduite, le cheval sera surtout utilisé pour actionner des machines à faible vitesse de façon à éviter les engrenages multiplicateurs qui diminuent considérablement le rendement. C'est donc là un moteur qui s'adaptera fort bien à la noria, et, effectivement, les innombrables norias de la région méridionale sont très généralement actionnées par des chevaux au manège. Avec une noria dont le rendement est de 60 °/o, un cheval pourra élever ainsi, à une hauteur de 6 mètres, 4 litres à la seconde, soit 240 litres à la minute, ou 14.400 litres à l'heure. Un tel dispositif pourra donc être utilement employé pour l'arrosage des jardins maraîchers.

Le cheval pourra être également utilisé dans des conditions acceptables pour actionner un chapelet dont la vitesse n'est pas trop considérable.

Il convient en principe moins bien pour les appareils basés sur la capillarité et les pompes rotatives et centrifuges qui nécessitent l'emploi d'engrenages multiplicateurs. Il convient mal également pour les pompes à piston alternatives qui exigent une transformation du mouvement circulaire continu du manège en un mouvement rectiligne et alternatif du piston.

*
* *

Moteurs inanimés

Les moteurs inanimés utilisables dans la Crau appartiennent aux trois catégories suivantes :

les moteurs éoliens,
les moteurs thermiques,
les moteurs électriques.

Les moteurs éoliens. — Les moteurs éoliens utilisent la puissance vive du vent. Leur fonctionnement est donc très irrégulier. On admet généralement que le vent peut les actionner au total pendant 100 ou 120 jours par an.

Ces moteurs se subdivisent eux-mêmes en deux groupes : les moulins et les turbines atmosphériques.

Les Moulins. — Nous ne parlerons pas des anciens moulins dits « moulins rustiques », essentiellement constitués par quatre ailes montées sur un axe presque horizontal, et qui ont constitué de tous temps une précieuse ressource pour les peintres paysagistes. Ces moulins nécessitent la présence constante d'un homme destiné à orienter les ailes et à régler la voilure. Ils peuvent être avantageusement remplacés par les moulins américains constitués essentiellement par une roue faite d'ailettes tournant autour d'un axe horizontal qui est lui-même mobile autour d'un pivot. Le tout est monté sur un pylone métallique. Ce moulin s'oriente automatiquement et s'efface également automatiquement quand la vitesse du vent devient trop considérable.

Il existe différents dispositifs permettant d'obtenir cet effacement automatique ; nous pensons que ce n'est pas ici le lieu de les décrire.

Un bon moulin doit utiliser le plus de vent possible et, pour cela, on doit réduire autant que possible l'inertie du mécanisme pour faciliter les démarrages même avec des vents faibles.

Le moulin actionne une machine élévatoire qui est généralement une pompe à piston alternative à laquelle le mouvement est transmis par un dispositif bielle et manivelle avec interposition d'un engrenage multiplicateur ou démultiplicateur, suivant que le diamètre de la roue est grand ou petit.

La roue est montée sur un pylône qui, en rase campagne, doit avoir une dizaine de mètres de hauteur ; s'il y a des obstacles, arbres ou maisons, à moins de 150 mètres du pylône, le bas de la roue doit se trouver au moins à 4 ou 5 mètres au-dessus de ces obstacles. Le pylône doit être muni d'une plateforme permettant le graissage hebdomadaire de la roue.

Ces moulins américains n'ont jamais que des puissances relativement faibles : ainsi une roue de 3 m. 60 de diamètre peut fournir, avec un vent de 7 mètres à la seconde, une puissance de 1 cheval-vapeur environ. C'est dire qu'accouplée à une pompe à piston alternative d'un rendement égal à 50 °/₀, elle permet d'élever à 10 mètres 3 lit. 75 à la seconde, soit 225 litres à la minute ; et comme, par ailleurs, le fonctionnement de ces moulins est très irrégulier, ils ne peuvent être employés que pour l'élévation des eaux d'alimentalion ou l'arrosage de petites surfaces, et encore est-il indispensable de toujours intercaler, entre la pompe et le point d'utilisation, un réservoir faisant volant.

Les turbines atmosphériques. — Ce sont des moteurs plus récents qui présentent de grandes analogies avec les turbines hydrauliques. Certaines même, comme la turbine Bollée, sont de véritables turbines hydrauliques parallèles à deux roues, tournant dans l'air. Elles présentent, sur les moulins, l'avantage de tourner à tous les vents.

Depuis quelques années, dans la région méridionale, des études sont régulièrement poursuivies pour mettre au point une turbine atmosphérique primitivement à deux couronnes et maintenant à une seule couronne : la turbine Lafond, dans laquelle, de par la forme même des aubes, les filets aériens, après avoir agi sur une première aube, sont dirigés, par réflexion, sur une deuxième aube sur laquelle ils agissent.

Cette turbine résiste parfaitement à tous les vents ; la difficulté réside dans le choix de la machine élévatoire à entraîner ; il faut, en effet, que cette dernière puisse tourner à des vitesses très variables et démarrer facilement. Certains modèles d'élévateurs à grands godets semblent actuellement convenir. Toutefois, il y a lieu d'attendre, pour se prononcer, la mise au point définitive.

Les moteurs thermiques. — Ils se subdivisent en deux grands groupes :

les moteurs à vapeurs,
les moteurs à combustion interne.

Les moteurs à vapeur. — Ils comprennent la machine à vapeur proprement dite et la turbine à vapeur.

C'est uniquement la machine à vapeur qui est employée pour l'élévation des eaux en agriculture.

Pendant fort longtemps, les stations de pompage du Midi de la France ont été munies de machines à vapeur fixes, accouplées à des pompes généralement centrifuges à grand débit ; il s'agit là, en effet, de moteurs à puissance relativement grande, convenant donc bien pour l'irrigation des grandes surfaces.

Les Moteurs à combustion interne. — La gamme des puissances de ces moteurs, qui va de deux chevaux-vapeur à plusieurs centaines de chevaux-vapeur, permet de les adapter à toutes les utilisations agricoles des eaux. Ils peuvent être employés pour élever aussi bien des eaux d'alimentation que les eaux d'arrosage des jardins ou des grandes cultures.

Ils se subdivisent en deux groupes : les moteurs à explosion qui consomment, surtout lorsqu'ils sont employés en agriculture, de l'essence, du pétrole, ou encore du gaz pauvre provenant de gazogènes à bois ou à charbon de bois, et les moteurs à combustion progressive, type Diésel ou semi-Diésel, qui consomment des huiles lourdes et ne peuvent guère être réalisés que pour des puissances supérieures à 10 chevaux-vapeur.

Ces moteurs peuvent entraîner tous les appareils élévatoires précédemment décrits ; ils s'adaptent surtout bien à ceux d'entre

eux qui fonctionnent à des vitesses relativement importantes, tels que les appareils capillaires ou les pompes rotatives ou centrifuges, de façon à éviter la présence d'engrenages démultiplicateurs.

Les moteurs électriques. — Ce sont évidemment de tous les moteurs ceux qui présentent la gamme la plus étendue des puissances utilisables. Elle va d'une fraction de cheval-vapeur à des centaines et même des milliers de chevaux-vapeur. Ils s'adapteront donc également à toutes les utilisations agricoles des eaux.

Les moteurs électriques tournent toujours à une grande vitesse ; ils conviendront spécialement aux appareils basés sur la capillarité et aux pompes rotatives et centrifuges.

*
* *

Parmi ces différents moteurs, comment le futur usager exercera-t-il son choix ?

Le problème est évidemment complexe et délicat car la comparaison n'est pas toujours simple et aisée. Toutefois, il est des cas où le choix sera facile car on ne peut comparer en effet que des choses comparables, et il arrivera que les conditions mêmes de l'utilisation permettront de distinguer facilement la solution à intervenir.

Par exemple, il s'agit d'élever la quantité d'eau relativement faible nécessaire à l'arrosage d'un petit jardin, il ne viendra à l'idée de personne de faire l'acquisition d'une machine à vapeur ou d'un moteur Diésel pour actionner une petite pompe. Aussi bien y a-t-il des moteurs dont les conditions d'utilisation sont faciles à déterminer et sur l'emploi desquels aucun doute n'est possible.

L'homme ne sera utilisé que pour élever de faibles quantités d'eau ; on aura recours au cheval au manège quand on aura déjà, par ailleurs, l'utilisation de cet animal et qu'une noria suffira pour fournir la quantité d'eau voulue ; on s'adressera au moteur éolien quand on ne désirera que de faibles quantités

d'eau et qu'on aura la possibilité d'établir un réservoir d'accumulation pour compenser les irrégularités du vent.

La question deviendra plus délicate à résoudre quand il y aura lieu de faire appel à l'un des moteurs inanimés suivants : machine à vapeur, moteur à essence ou à pétrole, moteur Diésel ou semi-Diésel, moteur électrique.

Notons cependant tout de suite que :

Le moteur à vapeur et le moteur semi-Diésel ne pourront être envisagés que lorsqu'il s'agira de puissances relativement importantes, par exemple supérieures à 8 ou 10 chevaux-vapeur.

Par contre, le moteur à essence et surtout le moteur électrique pourront s'adapter à toutes les puissances ; ce dernier, en particulier, pourra être employé pour de très faibles puissances.

Lorsque le problème se posera de telle façon qu'aucun de ces deux types de moteurs (thermiques ou électriques) ne pourra, *à priori*, être éliminé, comment s'y prendra-t-on pour faire un choix ?

Tout simplement, en cherchant le plus économique.

Précisons bien immédiatement que « le plus économique » ne veut pas dire « le meilleur marché ». Le moteur « le plus économique » sera celui qui, tout compte fait, permettra d'élever à la hauteur voulue le mètre cube d'eau au meilleur compte, c'est-à-dire celui avec lequel, en définitive, le prix *de revient* réel du cheval-heure effectif sera le plus réduit. C'est donc, en somme, un bilan comparatif d'utilisation qu'il conviendra d'établir.

Quels sont les éléments qui interviendront dans l'établissement de ce bilan ?

Ils sont multiples et peuvent être classés en deux chapitres différents correspondant, le premier, aux dépenses annuelles autres que celle relative à la consommation d'énergie; le deuxième, à la dépense relative à cette consommation.

Examinons successivement ces deux catégories de dépenses :

I. — Dépenses annuelles autres que celle relative à la consommation d'énergie.

Nous y trouvons :

1° Le service du capital engagé pour l'achat et l'installation du moteur.

L'annuité correspondante comprend :

a) L'intérêt du capital ;

b) L'amortissement de ce capital réparti sur la durée d'utilisation du matériel.

Cet amortissement s'échelonnera sur un nombre d'années d'autant plus long que ce matériel sera plus robuste et mieux construit, d'où la nécessité de ne pas acheter de « camelote » dont le bon marché apparent cache des conditions désastreuses d'amortissement.

2° Les frais relatifs aux réparations. On les limitera en achetant du bon matériel et en le confiant, s'il est délicat, à un ouvrier habile et soigneux.

Toutefois, ces frais seront, *a priori*, d'autant plus réduits que le matériel sera plus simple, et, à ce point de vue, il n'est pas douteux que le moteur électrique, qui n'est en somme qu'un cylindre de fer doux tournant entre les mâchoires d'un électro-aimant, laisse loin derrière lui ses différents concurrents et réduit à peu près à néant les chances de panne (sauf bien entendu la panne passagère du secteur qui n'entraîne d'ailleurs pour l'usager aucun frais de réparation).

Notons également que, quand on achète un moteur présentant des organes relativement délicats, ce qui est le cas pour les moteurs thermiques, il faut toujours se préoccuper de la possibilité de faire faire ultérieurement les réparations et d'avoir les pièces de rechange nécessaires dans le minimum de temps, une réparation qui n'est pas exécutée à temps pouvant entraîner la suppression de un ou deux arrosages et, par conséquent, une

notable diminution de récolte ; à ce point de vue, il est juste d'imputer au compte « réparations » non seulement le montant de la réparation elle-même, mais la valeur de la perte subie de ce chef.

3° Le prix de la main-d'œuvre affectée, s'il en est besoin, au fonctionnement du moteur. A ce point de vue, le moteur électrique, qui se commande le plus simplement du monde et fonctionne seul, présente sur les autres une supériorité marquée.

En faisant la somme de ces différents éléments, on obtient la valeur des dépenses annuelles pour un moteur d'une puissance donnée. En divisant cette somme par le nombre de chevaux représentant cette puissance, on a la somme A représentant, par cheval, ces dépenses annuelles.

*
* *

II. — **Dépense relative à la consommation d'énergie.**

Cette dépense est généralement rapportée à l'unité d'énergie ; on dira par exemple que la consommation de tel moteur reviendra à 0 fr. 75 par cheval-heure effectif ; c'est trop souvent le seul élément sur lequel on a tendance à se baser pour établir une comparaison, et c'est notoirement insuffisant, car cette dépense représentant la consommation par cheval-heure est loin d'être le *prix de revient réel* du cheval-heure.

Pour les moteurs thermiques, elle est facile à déterminer car elle reste la même quelle que soit la durée d'utilisation du moteur. Le prix de l'essence, par exemple, reste le même que le moteur tourne 100 ou 2.000 heures par an. Or le constructeur indique généralement lui-même la quantité de combustible ou de carburant consommé par cheval-vapeur-heure effectif ; il est facile d'en déduire la dépense afférente à la consommation par cheval-vapeur-heure.

Pour les moteurs électriques, par contre, le prix exact de l'unité d'énergie consommée est quelquefois plus délicat à déterminer en raison de l'existence, dans certaines tarifications, d'une

« prime fixe » ou d'un « minimum de consommation » qui ont une répercussion évidente sur le prix réel d'achat du kilowatt-heure. S'il s'agit d'un minimum de consommation représenté par un nombre donné d'heures d'utilisation, chacun sait qu'il faut payer *au moins* la quantité d'énergie correspondant à cette utilisation minima garantie. Si, par exemple, ce minimum est de 1.000 heures, il faut payer au moins la valeur de l'énergie consommée pour une utilisation du moteur pendant 1.000 heures. Si donc le moteur n'a tourné que 500 heures, tout se passe en définitive comme si on avait payé le kilowatt-heure le double du prix porté sur la police. Si le moteur a tourné 1.000 heures ou plus, on paye exactement le prix porté sur la police. Le minimum garanti a donc quelquefois une répercussion considérable sur le prix réel d'achat du kilowatt-heure. Par conséquent, pour ne pas rebuter l'usager, il faut toujours demander aux distributeurs, et c'est d'ailleurs leur intérêt, de supprimer ce minimum ou, tout au moins, de n'exiger qu'un minimum relativement réduit, et même d'assouplir encore ce genre de tarification en fixant des prix variables du kilowatt-heure correspondant à différents minima d'utilisation, le prix allant bien entendu en diminuant au fur et à mesure que l'utilisation augmente.

Si la tarification comporte une prime fixe, l'usager paye par an ou par mois une certaine somme (prime fixe) en plus des kilowatts heure consommés facturés à un tarif déterminé. Il est alors évident que la part de la prime fixe à répartir sur chaque kilowatt-heure consommé est d'autant plus faible que ces kilowats-heure sont plus nombreux, et, en définitive, le prix réel d'achat du kilowatt-heure est d'autant plus réduit que le nombre d'heures d'utilisation du moteur est plus considérable.

Notons, en passant, qu'il y a toujours intérêt, pour réduire l'incidence de cette prime fixe, comme d'ailleurs du minimum de consommation, à avoir un moteur de puissance aussi faible que possible et à le faire tourner le plus grand nombre d'heures possible.

Il est bon d'ailleurs d'ajouter que ces minima de consommation et ces primes fixes qui, lorsqu'ils existent, font souvent pour l'usager figures de croquemitaines, n'ont pas, quand il s'agit d'irrigations, l'influence néfaste qu'on pourrait croire *a priori ;* l'utilisation, dans ce cas, est, en effet, considérable, on pompe souvent pendant plus de 1.000 heures par an ; de sorte que, dans ce cas, le minimum n'a plus d'action et la prime fixe est répartie sur un très grand nombre de kilowatts-heure dont elle élève par suite fort peu le prix. De plus, certaines clauses des contrats de concession peuvent venir adoucir ces rigueurs : par exemple, lorsque l'on peut pomper à certaines heures du jour et de la nuit, on peut profiter d'un tarif réduit, et, dans cet ordre d'idées, en n'utilisant le moteur que pendant les « heures creuses », à l'exception des « heures de pointe », on peut généralement acheter l'énergie électrique à bon compte. Si même, dans certains cas, l'établissement d'un réservoir n'est pas trop coûteux grâce à une conformation appropriée du terrain, on peut envisager la seule utilisation nocturne du moteur et profiter alors de prix très bas.

On peut donc arriver ainsi à déterminer le prix d'achat réel du kilowatt-heure et; pour que la comparaison soit facile, on en tire la valeur du cheval-heure consommé en se rappelant qu'un cheval-heure vaut 0 fr. 735 kilowatts heure.

Ainsi donc, aussi bien pour les moteurs thermiques que pour le moteur électrique, on peut arriver à déterminer la dépense correspondant à la consommation d'énergie pour chaque cheval-heure fourni par le moteur. Soit B cette dépense.

Si, dans une année, le moteur doit tourner pendant N heures, les dépenses annuelles par cheval étant représentées par A comme nous l'avons dit plus haut, le *prix de revient réel* C du cheval-heure effectif sera donné par la formule :

$$C = \frac{A}{N} + B$$

A et B étant donnés, la valeur de C variera donc avec N, c'est-à dire avec l'utilisation du moteur et C sera d'autant plus faible

que N sera plus grand, c'est-à-dire que l'on utilisera le moteur plus longtemps.

Ainsi, comme l'a déjà fait excellemment remarquer M. PORCHET dans son ouvrage « *Le Génie rural* », il n'est pas possible de donner *a priori* le prix de revient du cheval-vapeur-heure avec un moteur donné ; il y a un prix du cheval à l'année et un prix de l'énergie consommée pour un cheval-heure fourni par le moteur ; c'est la combinaison de ces deux éléments qui donne le prix de revient du cheval-heure effectif.

Il s'ensuit que tel moteur pourra être plus économique que tel autre pour tant d'heures d'utilisation, mais devenir moins économique pour un nombre d'heures d'utilisation différent.

Il devient alors évident que l'on ne peut, *a priori*, formuler des règles générales absolues affirmant la supériorité de tel moteur sur tel autre pour l'élévation des eaux d'arrosage.

Chaque cas est un cas d'espèce à examiner en soi et pour lequel il convient d'établir le bilan prévisionnel correspondant aux données du problème qui se pose et d'en tirer les conclusions particulières qui conviennent.

Ajoutons toutefois que, indépendamment des considérations économiques d'ordre financier exposées ci-dessus, des considérations moins strictes, d'ordre quelque peu psychologique, peuvent intervenir également pour fixer le choix définitif, et, à prix de revient comparables, donner la préférence à un moteur plutôt qu'à l'autre :

La machine à vapeur est encombrante et elle nécessite un approvisionnement également encombrant en charbon.

Le moteur à essence, moins encombrant, nécessite un approvisionnement en carburant, matière éminemment inflammable, toujours dangereuse à stocker; comme le moteur Diésel ou semi-Diésel, il exige la présence d'un conducteur quelque peu mécanicien, il peut avoir des pannes et causer des accidents.

Le moteur électrique, au contraire, est peu encombrant ; il ne nécessite aucun approvisionnement de matière encombrante ou dangereuse ; il est fort simple, d'un maniement aussi aisé que

possible ; aucune main-d'œuvre spécialisée n'est nécessaire pour en assurer le fonctionnement ; avec lui, aucun risque de panne (à l'exception de celle du secteur) ; si l'installation est bien faite, les risques d'incendie ou d'accidents (électrocution) ne sont pas davantage à craindre… mais il doit être attaché par un fil. Il ne peut s'installer qu'à proximité du secteur ; c'est là la raison pour laquelle, au moins jusqu'à ces dernières années, son emploi ne s'est pas propagé autant que ses avantages auraient pu le laisser prévoir. Actuellement, les conditions changent ; l'électrification des campagnes, largement entreprise et en bonne voie de réalisation complète, permet ou permettra à brève échéance d'utiliser partout l'énergie électrique et rendra facile l'emploi de ce moteur appelé à rendre de grands services en agriculture.

Mais il reste bien entendu que ces dernières considérations n'interviendront que lorsque le bilan financier aura été établi et aura déjà, d'une façon précise, fait apparaître des conclusions impossibles à émettre à l'avance quant aux dépenses respectives d'utilisation, dans un cas donné, de différents types de moteurs dont l'emploi pouvait être envisagé.

Montpellier. — Imprimerie Ch. Déhan.

SCIENCE FORESTIÈRE
ET PHYTOSOCIOLOGIE

L'ENSEIGNEMENT DE LA FORÊT DE VALBONNE



PREMIÈRE PARTIE

—

« IN LIMINE »

Par A. FLAUGÈRE
Inspecteur principal des Eaux et Forêts, à Nimes

Les Phytosociologues ont affecté, un peu légèrement croyons-nous (certains commencent à dénoncer une telle erreur), d'ignorer les méthodes et les doctrines des Agronomes et des Forestiers.

A étudier les œuvres notamment de ces derniers, ils auraient appris que les Forestiers avaient été des précurseurs dans les notions, aujourd'hui courantes en sociologie végétale, de succession et de climax, mais cela avec leur vocabulaire spécial et bien particulier. On ne peut nier, et nous avons insisté sur ce fait à plusieurs reprises (1), que ces étapes, par eux désignées sous les noms de : friche, friche armée, fourré, gaulis, perchis et futaie rendent aussi parfaitement que possible la succession « des Formations végétales ». Les Phytosociologistes n'auraient, croyons-nous, rien perdu à utiliser ces étapes, en se plaçant à leur point de vue floristique. Bien plus, ils y auraient gagné d'échapper au danger d'étudier la strate herbacée d'une forêt sans tenir compte de l'âge du peuplement, et du traitement qui lui est appliqué ; car ils ne sont plus admis aujourd'hui à ignorer que le tapis végétal soit au moins aussi étroitement lié

---

(1) *Revue des Eaux et Forêts*, juillet 1928.

avec ce traitement, et avec l'âge du peuplement, qu'avec l'essence dominante qui donne son nom à l'association. Celle-ci est une résultante non pas seulement des conditions écologiques déterminées par tel ou tel végétal, le plus souvent arborescent ou arbustif, mais encore du milieu *susceptible d'être considérablement influencé par l'homme*, le tout en combinaison avec les actions réciproques de toutes les composantes.

Certes, les botanistes cherchent plus à démêler le jeu des lois naturelles, les Forestiers celui de l'activité humaine en vue de la plus substantielle exploitation du sol par l'Arbre ; de là vient sans doute l'incomplète compénétration des idées et des expressions chez les uns et chez les autres.

*
* *

Notre siècle utilitaire comprend d'autant mieux le laboratoire que celui-ci conduit plus rapidement à l'usine.

De cette tendance est née dans la botanique une science nouvelle, la Phytogéographie agricole, qui, pour n'être pas encore définitivement au point, n'en aurait pas moins, dans des cas d'espèces bien définis, déjà donné des résultats pratiques certains.

Tel auteur (1), par exemple, a donné à ses études les conclusions d'application pratique suivantes :

« La présence d'un Vulpielletum « surtout riche en artemisia campestris » est l'indicateur le plus caractéristique d'un terrain favorable à l'olivier, dont la culture est à la base de la richesse agricole du pays.

De la même manière, les sols qui portent « un : Stipetum stipa tortilis » sont également propices à l'établissement d'olivettes, mais sous la réserve d'un écartement « convenable des sujets ».

Enfin l'étude sociologique du « Thymetum » permet d'entrevoir la possibilité d'introduire et de naturaliser en Tunisie, le

---

(1) Burollet. — *Le Sahel de Sousse. Etude phytogéographique.* Thèse, Paris, 1927.

Thymus zigis ibérique, unique source spontanée de thymol pour l'Europe et le Nord-Afrique.

De la même manière, un autre Phytogéographe (1) a pu écrire :

« Les terres à choin (Schœnus nigricans) permettent la culture des pois en Tregonnec, comme la phragmitaie sèche permet la culture de l'Asperge autour du Golfe du Lion.

« L'Association à Lavandula latifolia et Thymus Vulgaris, indique des possibilités viticoles sur les quartzites alpins de Vaucluse ».

« Le Crucianelletum, autorise des nivellements assez près de la Méditerranée en vue de la plantation de cépages à bon rendement ».

Les relevés floristiques qui permettent de déceler ces plantes indicatrices de possibilités culturales, et surtout la connaissance des successions qui amènent leur mise en place, seraient ainsi susceptibles d'application pratique en vue de la meilleure exploitation du sol par la plante.

Faisant le pendant à cette phytogéographie agricole, n'y aurait-il pas une *phytogéographie forestière*, annonciatrice de possibilités forestières nouvelles, meilleures que celles existantes ?

*
* *

Pas plus qu'il n'y a d'usine sans laboratoire pour y mener, il ne peut y avoir ni phytogéographie agricole sans l'appui d'une phytosociologie pure, ni Phytogéographie forestière qui ne soit fille d'une science forestière pure (2), tendue uniquement vers la recherche de vérités générales, sans le moindre souci d'en tirer un parti immédiat.

---

(1) Kuhnholtz-Lordat. — *Annales de l'Ecole d'Agriculture de Montpellier.* La Baie d'Audierne et la Baie de Douarnenez. Essai de Phytogéographie agricole.

(2) Sur la nécessité de rechercher les bases d'une science pure.

Voir *Revue des Eaux et Forêts*, mars 1931. — Joubert : Science forestière et sylviculture.

Or, au regard de la science forestière pure, une forêt de magnifiques chênes n'est pas plus élevée en dignité que le maquis ou la garrigue.

Ce qu'il importe de rechercher et de découvrir, c'est, en tous lieux, le jeu des lois naturelles, afin d'arriver à la connaissance des principes, sous le couvert et à la faveur desquels naîtra la science économique et utilitaire.

Si on oublie cela, aucun progrès de l'art forestier ne peut être espéré.

Car, au contraire des principes, qui sont aussi immuables que les causes dont ils découlent, l'Economique et l'Utilitaire sont quelque chose d'essentiellement variable avec les besoins changeants des hommes. N'est ce pas pour donner satisfaction à des nécessités passagères, qu'au cours principalement des quarante dernières années du siècle écoulé, l'Administration des Eaux et Forêts elle-même, et à sa suite, ou l'ayant même précédée, les particuliers, exclusivement préoccupés d'obtenir de la bonne écorce à tan, soumirent à de courtes révolutions les taillis de chênes méridionaux ?

Puis les extraits tanniques ayant détrôné l'écorce de chêne, c'est vers la production du bois de feu et du charbon de bois que, depuis l'avant-guerre et maintenant encore, il a fallu orienter ces mêmes taillis ; et pour répondre à ces nouvelles exigences de l'Economique, on est revenu à des révolutions plus longues.

Et ce faisant, on ne s'était, et on ne s'est jamais suffisamment préoccupé de supputer, et moins encore de demander à des expériences longuement suivies, quelle pouvait être l'incidence du maintien du régime du taillis et de la durée de la révolution sur la vitalité et la pérennité de ce taillis.

De la même manière quand on envisagé l'amélioration du rendement de certains de ces boisements, par leur transformation en taillis composé, c'est encore du seul point de vue économique que l'opération a été conçue et exécutée.

On a déclaré, peut-être un peu trop à priori, une essence plus précieuse que la voisine, et systématiquement, on a sacrifié cette dernière à la première, *sans un suffisant souci de l'avenir de la forêt elle-même.*

Une telle opération ne pouvait réussir que si, à l'avance, étaient au moins bien connus, et le *comportement dynamique* des essences en compétition, et toutes les actions et réactions du milieu sur l'ensemble du manteau végétal.

Or, peu nombreux ont été ceux qui ont eu cette préoccupation.

Enfin, n'eût-il pas fallu penser que les méthodes forestières officielles, pour être parfaitement étudiées et mises au point, pour les forêts de l'Est français, ou du Centre de l'Europe, pouvaient ne pas être applicables, *sans une mise au point préalable*, aux Forêts de la région méditerranéenne ? On n'y a pas songé suffisamment.

Cependant on comprend mieux, aujourd'hui qu'hier, *qu'il y a un problème forestier méditerranéen* ; une ligne de savants de toutes nations du pourtour méditerranéen, la Sylva méditerranéa, vient de naître de la préoccupation de trouver sa solution. Disons bien nettement que cette solution doit découler toute seule de la connaissance du problème général.

C'est donc à découvrir des solutions locales dont la juxtaposition permettra de s'attaquer à la solution du problème général, que doivent être conviés ici et là les Géobotaniste et les Forestiers.

Que voilà bien l'occasion de tenter un rapprochement entre Forestiers et Phytogéographes ; s'il n'est pas encore possible de les marier, voyons sous quelles conditions, et en vue de quelles études immédiates, peut être tenté, l'accord de leur fiançailles.

*
* *

La Pérennité du Peuplement. — Assurer la continuité du Peuplement, dans le temps, doit être pour le Forestier une préoccupation primordiale et incessante parce que capitale.

A) *Dans le régime du Taillis*, avec traitement en taillis simple, cette continuité est assurée par les rejets de souche (et pour certaines essences en surplus par les drageons de racines), de manière, peut-on dire, automatique et certaine, immédiatement après la coupe. *Protégée*, la forêt se reconstitue d'ellemême. Toutefois l'observation montre que les effets de la coupe rase qui ne semblent pas devoir être les mêmes en terrains

calcaires — groupements discontinus — que sur sols siliceux (groupements continus) influencent la pérennité, *comme aussi la croissance et la vitalité du peuplement.* Dans quel sens ? Ceci pose la question de l'incidence de la durée des révolutions sur le manteau végétal dans son ensemble, et plus spécialement sur le comportement des essences forestières (**tempérament**).

Pour être très longévives, les souches ne sont pas éternelles. Leur remplacement doit se faire à la fois par le développement surtout des rejets de souche, parfois de drageons de racines, et quelque peu par des brins (1), car il y a malgré tout des semis naturels qui réussissent à s'installer dans les taillis simples, surtout quand la révolution est un peu longue (25 et 30 ans).

Les uns et les autres apparaissent sous certaines conditions.

Quelles sont les conditions les plus favorables à leur apparition et à leur maintien, dans la lutte pour la vie qui ne va pas manquer de s'engager, très dure, entre eux et le roncier, ou le mort-bois ?

Dans le traitement en taillis composé ou taillis sous-futaie, la Régénération est recrutée dans le taillis, mais enrichie plus ou moins fortement des semis naturels qui viennent de la Réserve, qui constitue, au-dessus du taillis, une futaie. Quelles conditions accroissent la venue des semis naturels et favorisent leur développement ? Ceci pose la question de l'influence du couvert et donc, de l'importance (*consistance*) de la Réserve.

La connaissance de la biologie des espèces et de sa répercussion sur tout l'*environnement* est indispensable pour résoudre les problèmes posés ; elle est du domaine du Phytogéographe.

B) *Dans le régime de la Futaie* la continuité du peuplement est assurée par la graine issue en principe du peuplement lui-même. Pour réussir cette autorégénération, les choses ne vont pas du tout simplement.

Un sol convenablement abrité et répondant à certaines conditions physico-chimiques est nécessaire pour que germent les graines, et pour que les semis puissent s'accrocher et se développer convenablement. Il faut également réaliser un peuple-

(1) Il y a très peu de brins dans nos taillis simples méditerranéens.

ment composé de semenciers vigoureux et abondamment fertiles, aux cîmes à cet effet bien dégagées et bien ensoleillées ; assurer une répartition de la graine sur l'ensemble de la forêt à régénérer, et enfin doser aux jeunes semis suivant leurs exigences, variables avec les espèces, l'air, la lumière, et ensuite *l'espace*.

Or, si nous envisageons par exemple une sapinière âgée, dont les arbres sont normalement fertiles, et forment massif entr'ouvert, il semble que les graines qui vont tomber, réparties assez uniformément sur le sol, assureront un recru partout égal. Il n'en est pas sans cesse ainsi ; nombreux sont les semis qui lèvent et puis meurent dès la première année de végétation ; ceux qui subsistent ne sont pas uniformément répartis, et leur répartition est en relation avec un certain état, non seulement du sol, mais encore du sous bois.

D'une part, en effet (état du sol) au moment où la graine rencontre des conditions favorables à sa germination, un phénomène de dynamisme intervient ; c'est la pénétration de la radicule dans le substratum nourricier. La radicule, pour que vive le jeune brin qu'elle prolonge, doit donc être en situation de s'emparer rapidement de ce sol nourricier.

C'est de ce point de vue qu'un sol tassé, un sol couvert de graminées (celles-ci formant par les racines un lacis difficilement pénétrable) ou un sol couvert d'une épaisse couche de feuilles mortes non décomposées, constituent des obstacles mécaniques ou même chimiques quasi-insurmontables, à la germination.

D'autre part (état du sous-bois), c'est un fait d'observation constante que les semis et les jeunes plants de presque toutes les essences, ne prospèrent bien dans les vides (forestièrement parlant) et les clairières que sous le couvert et la protection d'essences secondaires ou de morts-bois, **ceux-ci eux-mêmes parvenus à un certain stade de leur développement.**

Des dictons locaux traduisent cette observation : « l'Epine est le berceau du Chêne » ; « la Verne est la mère de l'Epicéa », dit-on en diverses régions.

Ainsi donc, pour être favorable à la régénération par la graine, un sol doit avoir *évolué* notamment vers des conditions physiques et chimiques bien déterminées, et corrélativement, **porter un type de végétation non moins bien caractérisé.**

Aussi longtemps que n'est pas réalisée cette double évolution, le milieu et plus particulièrement, le sol, demeurent défavorables à l'installation de la régénération.

C'est ce type de végétation, *indicateur d'une* **ambiance** favorable à la régénération naturelle, que le forestier a besoin de connaître. Le phytogéographe doit l'y aider.

*
* *

L'Art Forestier, considéré sous l'angle économique et utilitaire tend à la mise en œuvre de toutes les ressources « *du climax* » en vue d'élever des peuplements susceptibles de fournir à l'économie générale du pays *le maximum* « *d'utilités* » *en quantité et en qualité dans le temps le plus court.*

Dans nos régions tempérées où le climat et le sol offrent des conditions à amplitude relativement étendue, nombreuses sont les espèces dont les exigences sont comprises dans cette amplitude et dont l'installation est par conséquent posssible.

Le climax y est donc [exception faite de cas extrêmes — végétation édaphique sur sols à chimisme spécial — (sols salés par exemple) pour notre région (1)] **un peuplement mélangé** (2).

La forêt constituée et protégée, crée autour d'elle et plus encore en elle, un milieu favorable à son maintien ; elle réalise une *sorte de climat intérieur*, un microclimat, plus favorable encore à son propre développement que ne l'est le climat général de la région.

Et cela, par l'effet, dans son ambiance, d'une action autrement bienfaisante, pour le végétal, que hors forêt, notamment de la lumière, de la chaleur, de l'état hygrométrique de l'air, de l'abri contre le vent, de l'intervention d'un régime de symbioses, et de réactions réciproques (entr'aide de tous les occupants du sol).

---

(1) Peut être aussi pineraie de pin sylvestre pur sur les plateaux pierreux privés d'eau des Causses — Liou Tchen Ngo (*Etudes sur la Géographie des Causses*). 1929.

(2) Nous entendons laisser de côté ici les peuplements purs de résineux notamment, qui répondent à des besoins incontestables de l'économie générale, production de la résine, des étais de mines, de poteaux, etc... C'est de l'industrie forestière un peu à la manière de l'industrie des plantations d'Heveas et de cocotiers, obéissant aux lois générales de l'art forestier, mais à l'échelle réduite. Leur cas particulier est ainsi contenu dans le cas général seul envisagé ici.

Qu'est-ce à dire, *sinon que l'ambiance intérieure* d'une forêt, ambiance qui est en quelque sorte entre les mains du Forestier, élargit les limites de l'amplitude des conditions du milieu, et, par là même, rend possible l'installation d'un nombre de plantes plus étendu que celui qu'indique le Phytogéographe (climax).

Le *« climax forestier »*, sous la dépendance du climat propre intérieur de la forêt, doit ainsi être entendu plus large que le « *climax des Phytogéographes* » conditionné par le climat général de la région.

Diriger en chaque parcelle ou canton boisé l'évolution de son climax forestier, ainsi défini, vers la réalisation du « *type de forêt* » susceptible de se perpétuer à coup sûr par ses propres moyens et de donner dans le moindre temps un maximum « d'utilités », voilà le but que tend à atteindre le Forestier, mais à la conquête duquel il ne peut prétendre sans la connaissance préalable du climax forestier, connaissance qui relève de la science pure. Ici encore le Phytogéographe semble pouvoir être un auxiliaire du Forestier.

*
* *

Le type de la forêt convenant à l'unité locale considérée, étant ainsi bien défini, la question se pose pour le Forestier, de savoir par quelles étapes et les plus rapides, pourra être acquis « ce type » en partant, le cas échéant, de la forêt plus ou moins dégradée, cette dégradation pouvant aller jusqu'au terrain à peu près nu.

C'est toute la question « de la reforestation », c'est-à-dire de la réinstallation du manteau sylvestre sur les terres à vocation forestière, qui est ainsi posée.

Avant que soit née la géobotanique, les Forestiers reboiseurs avaient résolu le problème par l'emploi des essences transitoires, indigènes ou exotiques ; ils étaient même allés, pour certains terrains en glissement, etc..., jusqu'à utiliser, avant l'introduction des essences arbustives et pour permettre cette introduction ultérieure, soit des arbrisseaux, soit même des végétaux herbacés.

Leurs méthodes, pour empiriques qu'elles aient pu apparaître, à l'origine tout au moins, n'en ont pas moins donné des résultats

plus souvent heureux que malheureux. Mais aujourd'hui la rareté et la cherté de la main-d'œuvre commandent de chercher à réduire à la fois et les lourds sacrifices pécuniaires et la longue période d'attente que comporte la période transitoire. Et de ce point de vue il devient intéressant de demander au géobotaniste d'indiquer, s'il le peut, par la connaissance « des successions », la marche la plus rapide pour aboutir.

*
* *

A notre connaissance, tout au moins, c'est la première fois que le Phytogéographe aura été invité, peut-on dire, officiellement, à collaborer avec le Forestier, en compagnie du géologue spécialisé dans l'étude des sols (pédologie).

Il était nécessaire « in limine » d'exposer à ces collaborateurs les principales questions dont la solution nous préoccupe, et les considérations générales qui s'y rapportent.

C'est ce qui vient d'être fait.

Les études qui vont suivre, ne prétendent pas aborder, et moins encore résoudre tous ces problèmes ainsi posés. Si elles ont pris pour champ la forêt domaniale de Valbonne (Gard), enclave sylvatique heureusement conservée à la région basse méditerranéenne, c'est qu'elles veulent être une modeste contribution à la recherche de la meilleure formation forestière appropriée à la région languedocienne méditerranéenne, et des moyens les plus sûrs et les plus rapides de la réaliser en partant de l'état actuel du manteau végétal.

Nous n'avons pas la prétention que de ces études sorte une méthode phytogéographique capable de donner des solutions générales applicables aux problèmes forestiers qui peuvent se poser ici et là.

Nous n'ignorons pas que, pratiquement, il y a surtout, sinon presque exclusivement, *des cas d'espèce.*

Peut-être, quand on aura résolu un certain nombre de ces cas d'espèce, pourra-t-on tenter de s'élever à des généralisations.

Pour l'heure, nous précisons donc bien que nous n'allons étudier que le cas particulier de la Fôrêt de Valbonne, mais que nous nous efforcerons d'en dégager les principes d'une doctrine.

*
* *

C'est un honneur que nous devons à la réputation de haute dignité et de haut mérite du Corps forestier, que d'avoir vu répondre à notre appel de collaboration, en acceptant de nous confier leurs travaux, des personnalités scientifiques honorablement connues et réputées, telles que MM. Kuhnholtz-Lordat et Marcelin. — Au nom du Corps forestier qui travaille, nous exprimons, ici, à nos distingués collaborateurs, notre vive gratitude.

Nîmes, 1er février 1930.

DEUXIÈME PARTIE

—

ÉTUDE DU SOL

Par M. P. **MARCELIN**

Conservateur du Museum d'Histoire Naturelle de Nîmes

La phytogéographie, et aussi la science forestière, demandent, à tout instant, des indications sur la nature du sol dans les régions qu'elles étudient.

Il est sans doute possible, aux botanistes qui s'occupent de sociologie végétale, de considérer, pour un temps, l'association en soi. Mais il leur est bien difficile de ne pas revenir, par quelque détour, à l'étude du sol, de sa composition, de son évolution et de son influence sur la distribution des espèces.

Pour les forestiers, un minimum de connaissances sur la nature des terrains à reboiser ou à protéger leur a toujours paru indispensable.

Le recours à la carte géologique ne peut suffire, en aucune manière, à cause de sa trop petite échelle et de sa négligence systématique à l'égard des dépôts superficiels.

C'est pourquoi nous avons essayé d'étudier, dans leurs détails, le sol et le sous-sol de la forêt domaniale de Valbonne.

De semblables études, qu'elles soient faites par les phytogéographes eux-mêmes, ou par des géologues appelés à collaborer à leur tâche, sont souvent décevantes, ainsi que le disait le regretté M. Denis (1) : « contrairement à toute promesse, les auteurs ne consacrent au sol proprement dit qu'une attention très brève et se sen-

(1) M. Denis. — Pédologie et phytosociologie. *Archives de Botanique*, t. I, *Bull. mensuel*, n° 5, mai 1927, p. 86.

tent plus à l'aise en parlant du « sous-sol ». La géologie tient trop de place dans les mémoires, au chapitre intitulé le « sol » et la pédologie pas assez ».

Nous avons essayé d'éviter cette erreur. On verra que le « sol » est traité aussi largement que le « sous-sol » et que nous n'avons parlé du second, que dans la mesure de ses rapports avec le premier, ou bien, avec d'autres facteurs écologiques dont la connaissance pouvait être utile à nos collaborateurs. Cette étude devait nous intéresser tout particulièrement. En effet, nous avions pu observer déjà dans notre région une indépendance fréquente du sol vis-à-vis du sous-sol. Nous avions vu dans les garrigues du Gard, et dans celles de Nîmes, en particulier (1), sur de grandes surfaces, le sous-sol purement calcaire recouvert par un sol, parfois totalement dépourvu de carbonate de chaux et toujours très riche en quartz détritique. De même, que nous avions remarqué et signalé dans la Costière (2), au sud de Nîmes, sur un cailloutis quartzeux, des dépôts, peu épais, mais très étendus, ne contenant pas moins de 17 o/o de calcaire et répondant par tous leurs caractères à la définition du loess.

Nous avions été amenés ainsi à accorder la plus grande attention à la formation géologique des sols et à leurs relations avec l'évolution du relief. En admettant que les cartes géologiques ne puissent pas, de quelque manière, figurer les sols qui recouvrent les formations géologiques qu'elles ont pour mission de représenter, l'indifférence des géologues français à l'égard de cette science des sols : LA PÉDOLOGIE, qui existe depuis plus de cinquante ans déjà, nous paraissait peu compréhensible.

Cette science des sols, à peine introduite en France, promet cependant d'être de la plus grande utilité, au moins aux forestiers et aux phytogéographes. Elle apprendra, en tous cas, à ceux-ci, à se méfier de ces données trop simples telles que « *Garrigue* : *région calcaire* : *Costière* : *région siliceuse* ».

Ce travail ne sera pas encore, vraiment, à notre grand regret, de la pédologie proprement dite ; les méthodes particulières à cette science étant encore trop nouvelles pour nous. Nous avons seulement réuni ici toutes les observations *géologiques* qui pouvaient être utiles au forestier et au phytogéographe, mais celles-là seulement.

---

(1) Paul MARCELIN. — Contribution à l'étude de la Garrigue nimoise. *Etudes Rhodaniennes*, II, 1926. Lyon (Faculté des Lettres). — Les limons de la Garrigue nimoise. *Comptes rendus de l'Association française pour l'Avancement des Sciences.* Lyon, 1927.

J. COURRIÈRE et P. MARCELIN. — Observations faites au cours de l'excursion à St-Bauzille-de-Montmel (Hérault). *Bull. Société d'Etude des Sciences naturelles de Nîmes* 1928-1929, p. 137.

(2) J. COURRIÈRE et P. MARCELIN. — Sur la présence du loess en Costière. *Bull. Société d'Etude des Sciences naturelles de Nîmes*, 1928-1929, p. 141.

Ainsi que nous l'avons dit, si nous avons insisté sur certains détails morphologiques ou tectoniques, c'est parce qu'ils pouvaient éclairer certains traits de l'écologie, si particulière de cette forêt. D'autre part, nous avons cru devoir résumer, très rapidement, ce qui a été dit, avant nous, de la géologie de Valbonne et de ses environs, pour pouvoir la situer dans son cadre. Nous avons laissé, dans cette région, beaucoup à faire au pédologue véritable, et aussi, bien entendu, au chimiste spécialisé dans l'étude des sols.

1. — LES ROCHES

Position de Valbonne dans le Gard. — La partie du Gard qui est située au N.-E. d'Uzès, dans la direction de Pont-Saint-Esprit, et qui est appelée, parfois, *Uzégeois*, constitue dans ce département, dont les grands traits géographiques sont ordonnés avec beaucoup de simplicité, une région tout à fait particulière, très distincte, par la nature du sol, les formes du terrain, le régime des eaux, la végétation et les cultures. Cette particularité se traduit, en géographie humaine, d'une manière si nette, que cette partie du Gard vit à l'écart du reste, et qu'elle est attirée par la vallée du Rhône plutôt que par Nimes, chef-lieu du département.

C'est qu'en effet les terrains du Crétacé moyen et supérieur, que l'on peut observer dans l'Uzégeois, sont dans une étroite dépendance avec ceux qui recouvrent le Crétacé inférieur, dans la dépression où coule le Rhône, et que, ceux de Pont-Saint-Esprit, par exemple, ne sont que le prolongement, sur la rive droite du fleuve, de ceux qui sont bien connus des environs d'Uchaux, sur la rive gauche. Au contraire, on ne les retrouve plus, ni à l'ouest, ni au sud, dans la direction du Languedoc.

Ces dépôts, supérieurs au Néocomien, sont conservés dans une série de synclinaux, de direction générale E.-W., dont les axes viennent se rebrousser au contact de la région située en bordure du Massif Central. Le plus caractéristique d'entre eux est le synclinal de Saint-Laurent-la-Vernède.

Ils ont une place à part parmi les grands traits de la constitution du Gard qui sont les suivants, des Cévennes à la Médi-

terranée. En bordure des schistes métamorphiques est une région triasique et jurassique où les accidents tectoniques sont très compliqués. Puis viennent les garrigues néocomiennes, affectées de plis à grands rayons de courbure, de direction E. W. Dans les dépressions synclinales qui séparent les anticlinaux arasés des garrigues, se trouvent les restes des terrains tertiaires qui les recouvraient autrefois ; enfin, près de la mer, sont des sédiments, alternativement fluviatiles et marins, mais très récents.

Cette ordonnance est aussi celle de toute la région qui suit le Plateau Central, à l'Est, de Montpellier à Privas. Elle est rompue, dans l'Uzégeois, par les synclinaux dont nous parlons. Ils montrent, d'ailleurs, une succession bien plus complète que ceux de la partie occidentale du Gard ou de l'Hérault, à cause de la présence de dépôts détritiques, parfois calcaires, mais le plus souvent siliceux, appartenant au Crétacé moyen et supérieur. Nous verrons, plus loin, pourquoi ils sont là, et là seulement. Mais c'est à eux que l'Uzégeois doit son sol, sa morphologie et son hydrologie si particulières.

Ce que nous venons de dire suffirait pour que l'on s'attende à rencontrer dans cette région d'autres formations végétales que celles des garrigues, par exemple, sur calcaire néocomien, ou que les châtaigneraies et les hêtraies qui couvrent les premières pentes des Cévennes granitiques et schisteuses. Il en est bien ainsi, en effet. Mais le fait est surtout frappant, tout autour de la Chartreuse de Valbonne, aux environs de Pont-Saint-Esprit, dont la forêt, développée sur les terrains dont nous venons de parler, est devenue forêt domaniale, après avoir été protégée par les Chartreux pendant de longues années.

Elle présente bien des caractères propres que l'on n'observe pas dans les autres forêts du Gard dont le sol est tout autre et qui ont, d'ailleurs, été soumises à des exploitations ininterrompues, très souvent abusives.

Parmi ces caractères, les plus apparents sont la présence d'un grand nombre d'espèces, une densité de peuplement très grande, un beau développement des arbres, l'existence du hêtre à une altitude très basse, 100 mètres environ, en région méditerranéenne, et le mélange des espèces de la garrigue et de celles des basses montagnes.

La présence du hêtre, qui apparaît comme une anomalie assez grande, bien qu'elle ne soit qu'apparente, n'a pas manqué d'attirer l'attention des botanistes et de les amener à Valbonne, comme à la Sainte-Baume-de-Provence, les deux forêts ne manquant pas de points de ressemblance. On voit, par ce qui précède, que nous sommes disposé à admettre que les conditions édaphiques ont joué un grand rôle dans l'établissement et l'évolution de la forêt de Valbonne. Il convient donc de préciser nos connaissances sur la géologie de cette région, en résumant d'abord les travaux de divers auteurs.

Travaux antérieurs sur la géologie de Valbonne. — Le Crétacé moyen et supérieur de la Vallée du Rhône a été étudié en détail par divers auteurs. Nous renverrons seulement au dernier travail d'ensemble paru sur cette question, celui de M. le Pr Jacob, qui donne une bibliographie très complète (1).

Les divers auteurs qui ont étudié le Crétacé moyen et inférieur de la Vallée du Rhône se sont occupés à diverses reprises, du prolongement de ces terrains dans le Gard, notamment Hébert, Toucas, Carrez, Pellat, Paquier et Fallot. Aussi la région de Pont Saint-Esprit a-t-elle été bien étudiée. Mais, c'est surtout dans les travaux d'Emilien Dumas (2) et de Sarran d'Allard (3) que l'on trouve le plus de renseignements. De Sarran d'Allard, notamment, donne de nombreuses coupes détaillées relevées dans l'Uzégeois, qui nous montrent, très en détail, la constitution de cette partie du Gard.

Mais, à la vérité, la forêt de Valbonne n'a pas été étudiée spécialement. Toutes les descriptions et toutes les coupes touchent des points situés en bordure de la forêt. La raison de cet oubli est, assurément, que le sol est trop couvert par la végétation très serrée et que les observations y sont difficiles.

---

(1) JACOB. — *Etudes paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés dans les Alpes et les régions voisines.* (Thèse 1907).

(2) Emilien DUMAS. — *Statistique géologique, minéralogique, métallurgique et paléontologique du département du Gard,* 1875.

(3) DE SARRAN D'ALLARD. — a) *Recherches sur les dépôts fluvio lacustres antérieurs et postérieurs aux assises marines de la Craie supérieure du Gard. Bull. Soc Géologique Franc.* (3), p. 553, 1881.

Cependant, de Sarran d'Allard figure le ruisseau de Valbonne dans une coupe allant de Toulair à Pont-Saint-Esprit par Cabaresse (1).

Les cartes géologiques pourraient suppléer à ce manque de précision des auteurs relativement à la forêt. Nous disposons, en effet, de quatre cartes géologiques, sur lesquelles sont figurés Valbonne et ses abords.

D'abord la carte géologique d'Emilien Dumas (*Arrondissement d'Uzès, 1852*), au 1/86.400, puis la feuille d'Orange, (*n° 210*), de la carte géologique de France, au 1/80.000, publiée en 1887, enfin, la carte géologique des environs de Pont-Saint-Esprit et Bagnols, au 1/40.000, exécutée par de Sarran d'Allard, et publiée également en 1887, sous les auspices du Conseil général du Gard. Nous possédons aussi la carte de Carez et Vasseur au 500/000me.

Mais, cette dernière est à une échelle trop petite pour nous donner des indications utiles. La carte d'Emilien Dumas est très lisible et certains niveaux importants y apparaissent d'une manière très saisissante. Malheureusement, le groupement des étages ne correspond pas aux classifications actuelles.

Quant aux deux autres, qui, d'ailleurs, ne s'accordent pas entre elles sur le tracé des étages, elles sont à peu près illisibles. Le fait est particulièrement regrettable pour la carte de de Sarran d'Allard qui aurait pu être précieuse à cause de son échelle.

Du point de vue purement géologique, il faut donc souhaiter que la carte de Valbonne soit levée à nouveau, avec plus de précision et qu'on tâche de l'exécuter de manière à la rendre lisible.

Mais, pour le but tout autre que nous poursuivons, les travaux des auteurs ayant étudié la Vallée du Rhône ou les abords de la forêt, nous renseignent très suffisamment sur ce qui doit se passer dans la forêt elle même.

D'ailleurs, nos observations personnelles nous ont bien montré la concordance entre les coupes que l'on peut y observer et celles qui ont été établies dans les environs.

---

(1) De Sarran d'Allard.— b) *Matériaux pour servir à l'explication de la Carte géologique des environs de Pont-Soint-Esprit* (Résumé). *Bull. Soc. Géol. Franc.* (3), XV, p. 504, 1888.

Nous allons utiliser les travaux dont nous venons de parler (1) pour essayer de nous faire une idée des conditions de la sédimentation pendant le Crétacé moyen, plus particulièrement, qui nous intéresse davantage, puisqu'il est seul représenté à Valbonne, avec l'Oligocène lacustre, que nous étudierons ensuite. Nous donnerons, après cela, la série des terrains que l'on peut observer dans la forêt.

Conditions de la sédimentation dans la Vallée du Rhône pendant le Mésocrétacé et l'Oligocène. — Les terrains représentés à Valbonne appartiennent soit à l'Oligocène, soit au Mésocrétacé avec ses trois étages (*Albien*, *Cénomanien*, *Turonien*).

Nous donnerons des indications, aussi détaillées que possible, sur leur composition minéralogique, puisqu'elle joue un rôle important dans la formation des sols, mais nous ne croyons pas utile d'insister sur leur position stratigraphique, ni sur leur division en zones, d'après les fossiles caractéristiques. Cependant, pour qu'il n'y ait pas d'équivoque sur les étages dont nous parlons, nous avons établi un tableau du synchronisme des étages représentés à Valbonne (*voir page 73*), d'après nos observations et les travaux des auteurs dont nous venons de parler.

Dans la dernière colonne, à droite, nous avons indiqué de quels termes nous nous servirons désormais pour indiquer les étages représentés à Valbonne et quelles sont leurs concordances.

Ce sont, de bas en haut :

pour le Mésocrétacé :	*Albien siliceux*	I
	Cénomanien silico-calcaire	II
	— *siliceux*	III
	— *marneux*	IV
	Turonien calcaire	V

pour le Tertiaire lacustre (Nummulitique) : Oligocène VI.

---

(1) Et les ouvrages classiques, notamment :
HAUG. — *Traité de Géologie, tome III.* 1908-1911.
GIGNOUX. — *Géologie stratigraphique.* 1926.
RINNE. — *La science des roches.* 1928.
J. DE LAPPARENT. — *Leçons de Pétrographie.* 1923.
LACROIX. — *Minéralogie de la France.* 1893.

TABLEAU DE CONCORDANCE DES NIVEAUX DU CRÉTACÉ MOYEN REPRÉSENTÉS A VALBONNE

Terrains observés... à Valbonne.	d'après les auteurs locaux	d'après Jacob	d'après Haug,	Notation de la carte.	Classification adoptée.
Calcaires cristallins.	Ligérien.		Mam. nodosodoïdes. Turonien.	C 6	Turonien calcaire V
Calcaires marneux.. marnes à lignites.	Paulétien	z. à Sch. varians. } Cénomanien	Sch. varians. } Cénomanien	C 5 grès de Mondragon. } Cénomanien	Cénomanien marneux IV
Grès, sables rouges, jaunes, blancs.	Tavien ..... }	z. à Ac. Rotomagense } Cénomanien	A. Rotomagense ... } Cénomanien	C 4 { z. à trigonies. } Cénomanien	Cénomanien siliceux III
Grès calcaires....... marnes.	Rotomagien. }			C 4 { z. à Orbitolina concava. } Cénomanien	Cénomanien silico-calcaire II
Grès à gros grains.. siliceux.	Vraconnien. }	sous-zone à M. inflatum	M. inflatum .... } Cénomanien	C 3. z. à A. inflatus. } Cénomanien	
Grès jaunes......... z. à phosphates. }	Albien...... }	sous-zone à M. inflatum	M. Hugardianum.. } Albien. sup.		Albien siliceux I
		z à M. Hugardianum.	H. dentatus .... } Albien. sup.		Albien siliceux I
		z. à H. dentatus.	H. tardefurcatus... } Albien. sup.	C 1-2. Gault albien.	Albien siliceux I

Avant l'Albien siliceux (I) qui est la couche la plus ancienne affleurant à Valbonne, l'Uzégeois a participé, comme la presque totalité du Gard, à l'histoire de la sédimentation dans cette *fosse Vocontienne* qui est un des traits les plus frappants de la paléogéographie du Sud-Est de la France.

Au centre de la fosse, « presque circulaire, limitée à peu près par les villes de Die, Nyons, Digne et Gap » (1), des « *faciès profonds* ont persisté sans interruption, à partir du Jurassique inclusivement, jusqu'au sommet du Crétacé inférieur » et même un peu plus haut, puisque aux environs de Valbonne, l'Albien siliceux (I) est précédé par un Albien marneux. Il s'est déposé là « des sédiments continuellement profonds, *marneux ou marno-calcaires*, de teintes grises, extrêmement uniformes. Ces marno-calcaires gris sont très fréquents dans le Gard, dans le Néocomien, le Barrémien et l'Aptien. Cependant notre région n'est pas située au centre de la fosse vocontienne, mais au S.-W. de cette fosse. On se rapproche du massif des Maures-Estérel, qui a dû rester émergé pendant le Crétacé inférieur. Aussi, voit-on apparaître, de temps à autre, suivant la montée ou la descente du fond de la fosse, des faciès côtiers, « dits *provençaux*, qui « se traduisent par une très forte réduction d'épaisseur, des lacunes, l'apparition de sables, de débris de coquilles, de glauconie, de phosphate, et par la faune, où les Bivalves et les Oursins remplacent peu à peu les Céphalopodes ».

On voit particulièrement apparaître le *faciès urgonien* « calcaires zoogènes blancs, durs et compacts, formés par une accumulation de débris d'organismes plus ou moins brisés et remaniés ». Ces calcaires urgoniens, avec les marno-calcaires du Néocomien, constituent le sous-sol des *garrigues* qui s'étendent sur de grandes surfaces dans le Gard. Leur sol est généralement de très faible épaisseur, exception faite de quelques points où se sont accumulés ou conservés des dépôts de limons ou de loess, et elles sont recouvertes uniformément par le taillis de chêne-vert.

Ces conditions côtières, qui apparaissent, par intervalles, pendant le Crétacé inférieur, vont s'accentuer très fortement avec l'Albien. Une grande partie du Gard, émergée, appartient à

---

(1) Gignoux, *pour tout ce qui suit p. 344, 347, 349.*

l'*isthme durancien* qui établissait une relation entre le Massif Central et le Massif des Maures-Estérel. Au nord, était la mer alpine, au sud, le golfe de la Basse-Provence. La région que nous étudions se trouvait alors, précisément sur la ligne de rivage de la mer alpine, au nord de l'isthme durancien ; postérieurement, cet isthme s'est lui-même déplacé vers le Nord.

On voit, maintenant, pourquoi il y a une si grande différence entre l'Uzégeois et le reste du Gard, c'est que les sédiments si particuliers du Crétacé moyen et supérieur n'ont été déposés que là. Pendant une longue période géologique, cette région a eu une histoire particulière, le reste du Gard étant alors émergé (1).

A la surface de l'isthme durancien, les calcaires et notamment les calcaires du Jurassique supérieur et de l'Urgonien, ont été soumis à une altération prolongée, qui a donné ces dépôts de *Bauxites* et d'*argiles résiduelles*, toujours chargées d'oxydes de fer dont la présence pourrait expliquer la richesse en fer de certains de nos dépôts mésocrétacés, par exemple le Cénomanien siliceux (II).

Sur les rivages de l'isthme, était une marge de dépôts détritiques, généralement quartzeux, à éléments fins (*grès susaptiens de Kilian*, *type gréso-sableux de Fallot*). Cette marge se déplaçait, changeait de longueur et empiétait plus ou moins sur les régions continentales voisines.

Les dépôts détritiques présentent parfois un *faciès rutilant* dû, comme nous venons de le dire, à l'abondance « des produits ferrugineux d'altération, formés sur les continents voisins et remaniés et déversés dans la mer par les eaux courantes ». La stratification, souvent confuse, enchevêtrée, indique la présence d'un rivage voisin et dénote des interventions fluviatiles. Des épisodes lagunaires, des formations d'estuaires interrompent la sédimentation marine, par exemple, le Cénomanien marneux (IV), pendant lequel se sont déposés les lignites de Saint-Paulet, près Pont-Saint-Esprit. D'autrefois, au contraire, ce sont des épisodes zoogènes néritiques, plus ou moins calcaires, à orbitolines et ostracées, plus tard même, des dépôts assez

---

(1) Pour ce qui suit, Jacob..... particulièrement pages 290 et suivantes.

épais de calcaires construits à Hippurites, rappelant, par leur mode de formation, les calcaires urgoniens à Rudistes.

Ces changements de faciès sont dus à des mouvements orogéniques dont on reconnaît des traces nombreuses à tous les niveaux. « Les oscillations de la mer ont causé de plus des remaniements de dépôts les uns par les autres et des mélanges de fossiles qui sont la règle presque constante dans tous les gisements. »

Indépendamment de l'intérêt que présente la connaissance de ces conditions particulières de dépôt pour nous expliquer la formation des roches les plus fréquentes à Valbonne, nous voyons là *que de tels dépôts sont susceptibles de variations rapides verticalement et latéralement.* Nous sommes bien loin des conditions uniformes qui ont existé pendant le dépôt des marno-calcaires du Néocomien. Comme conséquence, nous pourrons penser que la composition minéralogique de ces roches et des sols qui résultent de leur désagrégation sera particulièrement complexe et variée, et que nous ne pouvons pas nous attendre à trouver, dans la forêt, un sol uniforme, constant, et de composition assez simple, comme ceux que l'on peut observer assez souvent sur la garrigue ou sur les schistes cévenols.

Deux accidents minéralogiques, très caractéristiques de ces dépôts, doivent encore nous arrêter, à cause de leur importance au point de vue pédologique, c'est la glauconie et le phosphate. L'un et l'autre sont très abondants dans le Mésocrétacé.

La glauconie (1), silicate hydraté d'oxyde de fer, mélangé de potasse en proportion variable, se rencontre à Valbonne, comme ailleurs, généralement, en grains d'un vert plus ou moins foncé. Elle est particulièrement abondante dans l'Albien siliceux (I) et le Cénomanien silico-calcaire (II). Il faut sans doute en chercher l'origine dans les éléments clastiques qui l'accompagnent et dont quelques-uns (*feldspaths*), ont pu fournir les éléments nécessaires à sa production.

Il serait intéressant de rechercher quelle influence la potasse de la glauconie peut exercer sur la végétation qui pousse sur les sols qui la contiennent ; on sait, en effet, que les grès glauconieux peuvent être employés comme engrais.

---

(1) Pour ce qui suit : RINNE, DE LAPPARENT, LACROIX.

Il est assez normal de rencontrer des nodules de phosphates de chaux associés aux grains de glauconie. Cette association se rencontre un peu partout, dans des régions du globe très éloignées les unes des autres. Cayeux a montré qu'il existe une connexion étroite entre les gisements de phosphates et les ruptures d'équilibre des anciennes mers. Ces ruptures d'équilibre déterminent la destruction d'innombrables êtres marins qui fournissent ainsi, à une certaine époque, par leur substance même, tout l'acide phosphorique qui pourra être fixé dans les sédiments. De même, Goldman met en rapport les principaux niveaux glauconieux avec les surfaces de discontinuité stratigraphique. Ce que nous avons dit des conditions de la sédimentation dans la vallée du Rhône et sur les bords de l'isthme durancien pendant le Mésocrétacé s'accorde bien avec une telle formation de la glauconie et du phosphate de chaux. Les phosphates sont, en effet, fréquents dans l'Albien et le Cénomanien de la région que nous étudions, à Valbonne même, Fontarèche, Labruguière, St-Julien de Peyrolas, Salazac, etc... (1), et ils ont été l'objet de nombreuses exploitations.

Telles sont les grandes lignes des conditions de la sédimentation, dans la vallée du Rhône et à Valbonne, pendant le Mésocrétacé.

Les assises des périodes postérieures, qui affleurent tout autour de la forêt, ont été enlevées par l'érosion.

Les premiers dépôts, qui apparaissent ensuite appartiennent à l'Oligocène inférieur (2). Leur histoire est beaucoup plus simple. Elle comporte, d'abord, un épisode détritique, pendant lequel se montre encore le faciès rutilant, mais on n'en voit que des traces dans la forêt. Puis, vient une période prolongée de sédimentation lacustre calcaire, donnant des dépôts très uniformes, sur de grandes surfaces.

Ce que nous savons maintenant des conditions générales qui ont présidé à la formation des terrains de Valbonne, nous per-

---

(1) P. de Brun. — Minéralogie du Gard, p. 43. *Bull. de la Soc. d'Etude des Sc. nat. Nîmes,* 1900-1901.

(2) Ces dépôts sont encore mal connus et les auteurs les placent, tantôt à la fin de l'Éocène, tantôt au début de l'Oligocène, solution que nous avons adoptée en définitive.

mettra d'interpréter, plus facilement, les détails que nous allons donner sur la succession des assises dans la forêt (1).

Succession des assises dans la forêt. — La forêt de Valbonne se prête mal, nous l'avons dit, à l'établissement de coupes nettes, à cause de la végétation touffue et serrée et, aussi, du revêtement d'éboulis qui recouvre le sol sur une assez grande partie de la forêt. Tous les grands ravins permettraient, à leur tête, l'établissement de ces coupes, mais ils sont tous d'un accès très difficile et leurs parois verticales ne se prêtent pas à l'examen. On peut, cependant, de proche en proche, se faire une idée assez nette de la succession des assises, en suivant le chemin qui va de la maison forestière à la Chartreuse, en passant par la ferme du Chapelas ; puis le chemin qui va de la Chartreuse à la Croix de Sablé, et, en se dirigeant de là, vers le Pâtis de Salazac. Là, on peut aussi descendre, assez facilement, dans un des grands ravins qui se dirigent vers Cabaresse et où l'on voit fort bien la partie supérieure de l'Albien et le Cénomanien. La route de Pont-Saint-Esprit présente aussi plusieurs tranchées qui laissent voir la nature du sous-sol, mais sur une épaisseur toujours assez faible.

Des observations que nous avons pu faire en ces différents points résulte la succession suivante.

Albien siliceux (I). — Il est largement représenté dans la forêt ; c'est dans ses couches friables que se sont développées les pattes d'oies des grands ravins, si caractéristiques de cette région. Ils constituent le fond de ces ravins : Combes de Saint-Laurent, de Canet, de Borne et les entourent d'une marge assez large. C'est également dans l'Albien qu'est installé le vallon très évolué de la Chartreuse (*voir p. 162 et fig. 1*) qui, après avoir reçu le ruisseau de Combe de Borne, porte le nom de ruisseau de la Chartreuse On les retrouve aux abords de la forêt le long de la route de Pont-Saint-Esprit avant, et surtout après le col du Lapin. Ils sont entaillés là, à droite et à gauche de la route par des petits canyons, qui montrent bien la facilité

(1) Pour tout ce qui suit de cet essai sur le sol de Valbonne, nous n'avons pu utiliser que nos observations personnelles.

avec laquelle les eaux sauvages peuvent les sculpter. Ils sont bien développés aussi du côté de Salazac et de Saint-Laurent-des-Carnols (*voir fig. 2*).

L'Albien siliceux constitue, à notre avis, un des traits fondamentaux, et tout à fait particuliers, de la forêt, et celui qui a le plus influé sur son origine et son développement. Bien que le hêtre ne soit pas localisé exclusivement sur l'Albien, puisqu'on le retrouve sur le Cénomanien siliceux, à la Croix de Sablé, et même sur Oligocène, sous le Pâtis de Salazac, c'est sur les sables de cet étage qu'on le rencontre le plus fréquemment, et qu'il atteint son plus beau développement, par exemple, dans le N° 1 de la série d'études (*voir fig. 11*), dans le ravin de Combe de Borne, dans le ravin de Saint-Laurent, du Saut du Mulet, dans le ravin des Tilleuls, etc.

On peut y distinguer trois niveaux, de bas en haut, qui sont les suivants, le niveau moyen étant le plus important pour nous, à cause de son épaisseur :

1° grès marneux glauconieux, nombreux nodules de phosphates de chaux. Il n'est plus visible que dans les déblais de quelques exploitations anciennes.

2° *grès sableux jaunâtres grisâtres ou verdâtres, glauconieux, et micacés, à stratification enchevêtrée.*

3° grès calcaires glauconieux jaunâtres à grains siliceux plus gros avec petits points roses et verts. Ce niveau n'est pas visible partout.

Le niveau moyen est sableux plutôt que gréseux ; c'est la pression des sédiments supérieurs qui unit les grains entre eux, mais, dès qu'on détache un morceau de la roche, elle se désagrège. Les éléments les plus abondants sont des quartz translucides, de couleur claire, parfois, mais pas toujours, voilés d'argile ou d'oxydes de fer, ils sont arrondis ou anguleux, et leur dimension moyenne est exprimable en microns. La glauconie est abondante, mais dans une proportion bien inférieure à celle des quartz, elle se présente sous la forme de petits grains verdâtres, d'apparence concrétionnée plutôt que détritique, de dimensions

assez semblables à celles des quartz. Les micas sont en proportions variables, parfois très abondants, parfois assez rares. Nous n'avons pas vu d'autres silicates.

Le calcaire, plus abondant au niveau supérieur, est également réparti de façon très irrégulière dans la masse du dépôt ; dans le niveau moyen, il est parfois et le plus souvent, totalement absent, il se montre parfois sur certains échantillons sous forme de fines granules cristallines de calcite.

Le niveau supérieur, bien peu important pour nous, l'est beaucoup plus pour les géologues, à cause de sa richesse en débris fossiles ; il ne diffère du sable que parce que le calcaire, plus abondant, a servi de ciment pour donner un grès à éléments quartzeux et ciment calcaire, avec nombreux débris organiques généralement à l'état de moules internes dont la fossilisation est faite de la roche elle-même, très glauconieuse.

Les petits galets calibrés (1^{cm} en moyenne) qui caractérisent ce niveau sont faits de quartz translucide, de quartz filonien ou bien de roches quartzeuses noires, qui rappellent les radiolarites des Alpes ou certaines intercalations des schistes métamorphiques cévenols. Ils sont généralement plats et discoïdes. L'entraînement par le ruissellement les fait apparaître dans les niveaux inférieurs, et on les retrouve très souvent dans les sols.

Cénomanien silico-calcaire (II). — Cet étage n'a pas, pour la forêt, l'importance et le développement du précédent, bien que son rôle ne soit pas négligeable. Il constitue une bonne partie des escarpements qui terminent les grands ravins, mais c'est surtout dans les parties où la disposition des assises lui permet de s'étaler, qu'il peut agir, par sa nature propre, sur la distribution des espèces végétales ou sur leur densité. On le voit, notamment, le long du chemin de la Montagnette, sur les flancs de la croupe qui sépare le ruisseau de Canet de celui de la Chartreuse, le long du chemin qui va de la Croix de Sablé à Cabaresse, etc. (*voir fig. 3*).

Le calcaire, qui fait son apparition avec le niveau supérieur de l'Albien siliceux, envahit le Cénomanien silico-calcaire qui n'en est jamais privé. Quoique varié dans la proportion de ses éléments. cet étage montre toujours des *grès à éléments quartzeux et glauconieux et à ciment calcaire, de couleur généralement*

grise présentant une stratification assez nette. La glauconie y est parfois à égalité avec le quartz, ces deux éléments se présentent roulés ou anguleux, les plus gros éléments quartzeux sont généralement roulés, les éléments quartzeux anguleux sont de dimensions inférieures, jusqu'à devenir une très fine poussière. Assez souvent, les grains quartzeux s'enrobent d'oxyde de fer ou d'argile, la roche devient argileuse s'effritant complètement dans l'eau, c'est alors une marne gréseuse très peu solide. La plus ou moins grande consistance de la roche met en saillie certains lits plus résistants, ce qui fait apparaître bien en évidence la stratification, assez régulière, contrastant avec la stratification enchevêtrée du niveau précédent et que l'on n'aperçoit que par suite de certaines différences de coloration.

D'autre part, les bancs sont zébrés de lits d'une matière blanchâtre, farineuse, qui n'est autre que de la calcite, très pure, en grains allongés, tous de mêmes formes et de mêmes dimensions. accompagnés de quelques rares grains de quartz ou de glauconie, analogues à ceux de la masse du dépôt. L'épaisseur de cet étage est d'environ 40 mètres.

Cénomanien siliceux (III). — Le Cénomanien siliceux est avec l'Albien, un des traits les plus caractéristiques de Valbonne. Il apparaît très nettement, quoique déjà réduit, sur la carte d'Emilien Dumas. Beaucoup moins net sur celle de de Sarran d'Allard, il a été omis, sur la feuille d'Orange en ce qui concerne les environs de la maison forestière, du quartier de Sagné et de la Croix de Sablé. Cependant, bien que l'épaisseur de cet étage soit assez faible, cet étage doit à sa dureté, d'être un des traits les plus saillants de la structure de l'Uzégeois.

Les grès et sables de cet étage nous paraissent avoir été mal interprétés en ce qui concerne leur origine. Leur richesse en fer, leur couleur rutilante avaient beaucoup intrigué les géologues au temps d'Emilien Dumas, qui voyait là, lui-même, le résultat d'une émission « *de silice à l'état gélatineux* ». D'autre part, de Sarran d'Allard parle de la décomposition de grès ayant donné naissance à des sables versicolores.

Nous serions plutôt porté à croire que le dépôt originel était un sable blanc, tel qu'il se présente en plusieurs points de l'Uzégeois et, notamment, à Valbonne, peu après la ferme du

Chapelas, le long du chemin qui va à la Chartreuse. Il a été exploité, en ce point, pour alimenter une verrerie voisine. Extrêmement homogène, très frais d'aspect, ce sable ne paraît pas du tout provenir de la désagrégation d'un dépôt préalable. Il est fait de grains de quartz translucides d'origine détritique, très arrondis, très semblables aux grains de l'Albien, mais un peu supérieurs par la taille, noyés dans une très fine poussière de mêmes quartz très anguleux. On n'y distingue aucun autre minéral. Le calcaire est absolument absent.

On s'explique assez bien que ce sable se soit transformé plus ou moins complètement en *grès à ciment ferrugineux* plus ou moins cimenté, qui est l'état habituel, sous lequel se présente, un peu partout dans le Gard, ce niveau Cénomanien. Les oxydes de fer, et parfois les argiles, ont été déposés par les eaux qui venaient des surfaces continentales de l'isthme durancien, recouvertes de ces bauxites et autres roches résiduelles plus ou moins ferrugineuses dont nous venons de parler. L'arrivée de ces matériaux a dû se produire à la fin du dépôt des sables qui sont d'origine marine, ainsi qu'en témoignent quelques *Trigonia* qui y ont été rencontrés, et au début de l'épisode fluvio-lagunaire suivant (Cénomanien marneux IV). Ainsi, les blocs, parfois énormes, que l'on rencontre isolés dans la forêt, de grès très durs, sont, à notre avis, des parties cimentées, restées en place, après l'enlèvement des parties sableuses.

On voit, d'ailleurs, sur les échantillons, le passage des sables libres à des grès durs, par enveloppement des grains de quartz par des oydes de fer, soit de couleur jaune de la limonite, soit de couleur rouge de l'hématite. Certains de ces grès, extrêmement durs, et *lustrés*, demanderaient à être étudiés en lames minces pour voir si l'on n'a pas affaire à de véritables *quartzites*, avec quartz de néo-formation.

Cénomanien marneux (IV). — A notre avis, le Cénomanien marneux qui, pourtant, aurait dû être délimité avec plus de soins que les autres niveaux à cause de sa richesse en lignites, occupe, dans la forêt de Valbonne, beaucoup moins de place que ne lui accordent les trois cartes que nous possédons, et notamment la feuille d'Orange. Nous ne le voyons apparaître nettement que sur quelques points, très limités, en particulier,

après la ferme du Chapelas, où s'amorce un ravin, dit ravin de la mine, dont le nom rappelle une ancienne exploitation de lignite. On le voit aussi sur le chemin de la Croix de Sablé à Cabaresse.

Lors du dépôt des sédiments de cette époque, les conditions étaient bien différentes de ce qu'elles étaient précédemment et de ce qu'elles seront par la suite, puisque nous observons alors des sédiments fluvio-lagunaires, formation d'estuaire où sont mélangés à quelques espèces marines, des espèces d'eau douce ou d'eau saumâtre.

Les éléments constituants des roches formées pendant cet épisode sont beaucoup plus fins que précédemment. Ce sont des calcaires gris ou roux, présentant de nombreuses sections ou des moules de fossiles, des empreintes végétales, parfois charbonneuses, parfois ferrugineuses.

Ils sont toujours un peu argileux. Les éléments détritiques que l'on obtient en traitant le calcaire par un acide sont quartzeux et extrêment fins. Au voisinage de la couche à lignites, le calcaire devient très marneux et les grains de calcite se colorent en noir par de fines matières charbonneuses.

Bien que ce niveau ne prenne pas, dans la constitution de Valbonne, une part aussi grande que l'indiquent les cartes, il joue un rôle assez important, parce qu'il est le seul niveau imperméable; il détermine l'emplacement des sources et ses affleurements, toujours humides, se reconnaissent facilement à la végétation herbacée qui se groupe autour de *Molinia coerulea* Mœnch.

Turonien calcaire (V). — Ce niveau est mal représenté à Valbonne où on ne le voit guère que sur les flancs du signal Pignède, et aussi au dessus du chemin de Cabaresse, bien que la carte ne l'indique pas. On l'aperçoit très nettement près de la ferme du Chapelas, en contact avec le Cénomanien siliceux. Son rôle est donc de peu d'importance dans la forêt. Il est composé de calcaires, généralement marneux et glauconieux à *Exogyra*. La présence de la glauconie étonne un peu, puisque les conditions de dépôt sont très différentes de celles de l'Albien, où la glauconie était si bien à sa place. Mais le fait n'est pas rare. On trouve, de même, des niveaux glauconieux, dans le Néoco-

mien marno-calcaire, par exemple, aux environs de Nîmes. On a pourtant affaire à des dépôts beaucoup plus profonds que ceux de l'Albien.

Oligocène (VI). — Le Mésocrétacé a été recouvert, dans toute la région que nous étudions, par des couches d'origine lacustre, appartenant à l'Oligocène inférieur. Elles s'étendent largement sur plus de quinze kilomètres, à l'ouest de Valbonne, dans la direction de Barjac, et on en voit d'autres lambeaux, ici et là, autour de Valbonne.

Deux lambeaux importants intéressent la forêt, l'un à l'ouest, le Pâtis de Salazac, qui n'est qu'effleuré par elle, l'autre au sud, dans la direction de Saint-Laurent des Carnols (Acquié), est compris dans la forêt pour une grande part.

Ces couches débutent par un épisode détritique et rutilant à grains de quartz roulés, emballés dans une argile rouge ferrugineuse, c'est un dépôt continental et résiduel très caractéristique. On en voit à peine quelques lambeaux sous le Patis de Salazac.

Le niveau suivant est beaucoup plus important. Il est complètement calcaire, calcaires marneux en plaquettes, et, dans la partie supérieure, calcaire compact ; les deux sont toujours blanchâtres.

Le calcaire compact, qui joue le rôle le plus net dans le paysage, est très pur et laisse un résidu détritique insignifiant. Il renferme de nombreuses cavités dues à des gastéropodes d'eau douce dont le moule interne a disparu ; quelquefois les vides sont remplis par de la calcite. Sa constance minéralogique est très grande, et ses caractéristiques le rapprochent, à notre point de vue spécial, d'autres calcaires, d'âges et de formation bien différents, tel que ceux de l'Urgonien ou du Jurassique supérieur.

Sa nature minéralogique, toute particulière, devait opposer cet Oligocène calcaire aux formations dont nous avons parlé précédemment. En fait, il introduit dans Valbonne des formations végétales, très comparables à la garrigue, alors que les autres terrains favorisent des formations bien différentes.

Quaternaire. — La plupart des terrains que nous avons étudiés sont masqués par des dépôts superficiels variés qui

datent du Quaternaire et qui pourraient prendre place ici. Nous croyons cependant qu'ils seront étudiés plus utilement avec les sols.

2. — LA TECTONIQUE

La tectonique ne peut nous retenir que dans la mesure où elle pourra présenter quelques relations avec l'objet de notre étude, c'est-à-dire, dans la mesure du rôle qu'elle a joué dans l'établissement de telle ou telle condition de milieu, climatique ou édaphique, offerte aux formations ou aux associations végétales. On verra que ce rôle n'est pas nul.

Nous avons dit que le Mésocrétacé de notre région était généralement conservé dans les synclinaux qui l'avaient mis à l'abri de l'érosion. Ces synclinaux ne sont pas toujours aussi simples que le pli allongé, rectiligne et resserré de Saint-Laurent la Vernède. A celui-ci, dans lequel coule la Tave, succède, au Nord, un synclinal beaucoup plus large, et plus sinueux, dont la Cèze suit à peu près l'axe. Au nord, est une zone anticlinale, dont le centre est à peu près Salazac, et qui sépare la Cèze de l'Ardèche. On voit, au sud de Salazac, apparaître l'Urgonien, par de tout petits lambeaux, exhaussés par des failles. L'apparition de l'Urgonien, venu par faille ou non, est la règle dans la plupart des anticlinaux du Gard. Valbonne appartient à cette zone anticlinale et constitue, elle même, un pli anticlinal sur le flanc sud de cette surélévation des couches. Tout cela apparaît, très nettement, sur la carte géologique au 80.000^{e}, qui est excellente pour de telles interprétations.

L'axe du pli secondaire de l'anticlinal de Valbonne va, à peu près, de la Chartreuse au Col du Lapin, soit approximativement de l'Est à l'Ouest, comme on pouvait s'y attendre. Cette interprétation est donnée avec exactitude par de Sarran d'Allard.

Le rôle de ce pli a été très important pour l'évolution ultérieure de la forêt, puisqu'il a fait monter les sables albiens à une hauteur supérieure à celle qu'ils occupent dans les régions voisines, et, quand l'érosion les a rencontrés, bien plutôt qu'ailleurs, sur une bien plus grande surface, elle s'est mise aussitôt à les sculpter avec une énergie dont le résultat frappe très vive-

ment dès qu'on aborde Valbonne. C'est, à la fois, à la nature de la roche et à sa surélévation tectonique, que nous devons ces grands ravins si caractéristiques, qui constituent, à notre avis, pour le hêtre et le rouvre, une station où il est assez naturel de les rencontrer, même en région méditerranéenne ; une importante partie de l'anticlinal a d'ailleurs disparu, et l'on voit, à sa place, se dessiner la cuvette de la Chartreuse, qui apparaît si nettement sur une carte en courbes ; l'érosion continue son œuvre sur les flancs de la cuvette, ou à l'extérieur sur les flancs de l'anticlinal. Valbonne se présente donc, aussi, comme un *anticlinal érodé*, une inversion du relief, du type de la Vaunage près Nimes, par exemple, mais avec beaucoup moins de netteté.

Si l'érosion, malgré la présence de la forêt, qui ne saurait guère que la retarder légèrement, continuait son cours, on verrait apparaître après l'enlèvement de l'Albien sableux, les marnes sous-jacentes albiennes, puis aptiennes Le régime de la forêt serait alors complètement changé, au lieu d'un sol humide et fertile, on aurait un sol sec et stérile. Mais cette prévision, à longue échéance, ne peut guère intéresser le forestier.

Valbonne n'est pas seulement affectée par ces plis à grands rayons de courbure qui rappellent l'allure de tous les plis pyrénéens de la partie orientale et méridionale du Gard. Elle est aussi affectée par un accident important dit *faille de Carsan*, décrit par E. Dumas et par de Sarran d'Allard. Cet accident met en contact au nord de Carsan, près Fabre, le Cénomanien marneux, l'Albien et le Cénomanien siliceux.

Les cartes ne s'entendent pas sur le tracé de cette faille. Nous prolongerions volontiers le tracé donné par la feuille d'Orange, jusqu'à la ferme du Chapelas, où l'on voit sous la ferme, un accident, très visible dans la topographie, qui fait buter le Cénomanien siliceux contre le Turonien.

Ces dérangement de couches ne peuvent plus être considérés comme seulement verticaux. Les idées actuelles de la tectonique nous poussent à admettre qu'il n'y a pas d'accident verticaux purs. Il en est bien ainsi pour la faille Carsan Le Chapelas qui affecte le pendage de telle façon que la série des couches, du Turonien au Cénomanien siliceux, plonge dès lors, d'une façon très vive, du Chapelas jusqu'au bas du ruisseau de Sagné. Ainsi,

avec le jeu de l'érosion, certaines couches qui n'apparaissent guère au nord de la faille que par leur tranche, apparaissent sur presque toute leur surface Le régime de la forêt est certainement modifié par cet accident tectonique, qui met notamment en évidence, comme surface structurale, le Cénomanien siliceux, particulièrement résistant, comme nous le savons.

3. — LES FORMES DU TERRAIN.

La végétation est, de toute évidence, en relation étroite avec les formes du terrain. Celles-ci sont dues à la nature des roches, à la tectonique et à l'action des divers cycles d'érosion.

La morphologie actuelle de Valbonne a été précédée par une morphologie tabulaire et karstique, installée sur les calcaires de l'Oligocène qui jouent là le rôle tenu, dans le reste du département, par les calcaires durs de l'Urgonien ou du Jurassique supérieur. On y retrouve toute la série de formes ou de dépôts propres à ces formes du calcaire : *avens*, *lapiaz*, *anciennes alluvions*, *terra rossa*. Elle disparaît par écoulement des falaises et remontée des têtes de ravins, notamment du ravin de Combe de Borne ou du grand ravin de Cabaresse.

Les surfaces planes, bien conservées, du Pâtis de Salazac, sont à l'altitude 350, 362, 361, elles peuvent se rapporter à la surface de 380 qui, d'après M. Baulig (1), tronque le dôme urgonien de Saint-Remèze. On voit aussi un lambeau à 379, au-dessus de Toulair Au sud de la faille Carsan-le-Chapelas, ces surfaces sont soit inclinées, soit déjà découpées par l'érosion des ravins du flanc de l'anticlinal.

Cette couverture karstique a préservé, comme elle le fait d'ordinaire, pendant longtemps, les couches plus meubles qu'elle recouvrait. Le Turonien calcaire a dû, d'ailleurs, jouer le même rôle et augmenter le pouvoir de conservation de cette couverture.

Indépendamment des calcaires de l'Oligocène et de leurs formes spéciales, on peut actuellement diviser morphologiquement la Valbonne en deux parties, séparées par la faille Carsan-le-Chapelas.

---

(1) Baulig, *Le Plateau Central de la France et sa bordure méditerranéenne*. Thèse.

La partie située au N.-W. a une morphologie bien plus compliquée que la seconde au S.-E.

On peut y distinguer, indépendamment des restes de surfaces planes conservées par le calcaire Oligocène, des *formes séniles* et des *formes jeunes*.

Les formes jeunes sont les grands ravins si caractéristiques de Valbonne, et nous avons dit quelle est l'importance de leurs formes sur la végétation qui les envahit. La forme abrupte, étroite, que montre bien une carte en courbes pour la Combe de Canet, par exemple, ou le ruisseau du Saut de Mulet, s'opposent à l'évaporation rapide par insolation de l'eau qui est presque à fleur de sol dans les sables albiens. Ainsi se présentent ces conditions hygrométriques particulières qui ont permis la conservation du hêtre, vraisemblablement depuis la fin du Pléistocène, époque pendant laquelle la région méditerranéenne ne lui était pas interdite comme aujourd'hui.

Ces formes, en terrains instables, évoluent rapidement. C'est ce que l'on voit, dans la partie amont du ruisseau de Valbonne. La jonction de plusieurs de ces ravins a permis l'établissement d'une large vallée, presque une cuvette, située sous la Chartreuse, qui se traduit également très bien dans la carte en courbes. C'est une vallée à fond plat, tourbeux, à parois raides, avec quelques buttes d'un remplissage dont nous allons parler.

On voit des formes, plus anciennes encore, sur les sommets où le Turonien, à Montalivet, au Signal Pignède donne des formes arrondies habituelles aux reliefs calcaires, usés sans être aplanis. On voit aussi des restes d'anciens cycles d'érosion, dans certaines têtes de ravins, par exemple, près de la ferme Pradon, sur le chemin de Cabaresse. Mieux encore, sous la ferme du Chapelas, en tête du ravin de Fontaine des Dames. Là, les formes molles de la vallée se raccordent rapidement avec les parois escarpées d'Albien siliceux et de Cénomanien silico-calcaire, et tout de suite apparaît une végétation extrêmement touffue, avec le hêtre.

Le Cénomanien siliceux, en raison de sa dureté, détermine quelques replats génétiques, où il apparaît alors comme surface structurale, notamment sur le chemin qui va de la Croix de Sablé au Pâtis de Salazac, quoique recouvert d'une faible couche de Turonien, ou d'Oligocène rutilant, c'est bien le grès dur qui a

arrêté la marche de l'érosion et auquel s'attaquent les grands ravins de Cabaresse.

Cette partie N.-W. de la forêt est surtout remarquable par l'abondance des dépôts superficiels qui recouvrent les assises plus anciennes que nous avons étudiées en détail. Nous les étudierons, ainsi que nous l'avons dit, avec les sols. Mais ils se manifestent nettement dans la forme du relief. Ces dépôts constituent un remplissage qui a comblé des dépressions ayant à peu près la position et la forme des dépressions actuelles. Repris par l'érosion, ils ont disparu de la cuvette de Valbonne où on les rencontre encore sous la forme de buttes témoins. Au-dessus de la Chartreuse, on les voit encore, rompant la ligne de pente et constituant la plupart des champs cultivés et des oliveraies,

Dans la partie S. E. de la forêt, au S.E. de la faille Carsan-le-Chapelas, la morphologie est beaucoup plus simple.

On voit quelques formes mal dessinées sur Cénomanien marneux, ou silico-calcaire, mais on y remarque surtout la surface structurale du Cénomanien siliceux, dont les gros blocs sont épars un peu partout ; quelques légères dépressions sableuses y gardent un peu d'humidité et l'on voit reparaître *Molinia coerulea.*

La Combe de Sagné, qui débute tout près de la maison forestière, montre deux tronçons bien différents l'un de l'autre. Le tronçon supérieur date d'un cycle ancien, des formes arrondies, un vallon large, rempli des dépôts que nous allons étudier. Une rupture de pente se produit à un changement de direction du thalweg et le ravin, très étroit, s'enfonce rapidement entre une falaise de calcaires Turoniens et une autre de grès Cénomaniens.

On voit surtout, dans cette partie de la forêt, les calcaires lacustres, non plus en surface plane, mais modelés par une érosion récente, et leur prédominance ne contribue pas peu à donner à la forêt, en ce point, un aspect tout autre que celui de la partie N.-W.

Ici, dans cette partie, la morphologie, la tectonique et la nature spéciale de la roche, donnent aux grès du Cénomanien, et aux calcaires de l'Oligocène une importance qui ne doit pas être sans influence sur la végétation et aussi sur les décisions que doivent prendre les forestiers en ce qui concerne l'amélioration de la forêt.

4. — LES SOLS (1)

L'étude des sols d'une région doit être précédée par l'examen du mode de désagrégation des roches que l'on y rencontre. Ainsi que le dit très justement Agafonoff : « l'étude pédologique des sols de France doit être commencée sur l'étude de la décomposition des roches mères dans les différentes zones climatériques de France ; il faut comparer ces différents processus de la décomposition et ensuite comparer leurs différents produits, les sols » (2).

Nous apporterons nous-mêmes bien peu de précision en ce qui concerne la désagrégation des roches de Valbonne. Pourtant ce que nous avons dit, assez en détail, de leur composition, nous permettra d'entrevoir comment elles peuvent se désagréger sous l'action des divers facteurs que l'on connaît : action de l'eau, de la température, du vent, des animaux et des plantes.

Par exemple, nous pouvons nous attendre à une grande facilité de désagrégation des assises **Albiennes**.

Dans les ravins que nous connaissons, la désagrégation mécanique est très puissante, les éboulements transforment, par exemple, en sables, de grandes masses gréseuses. Les sables sont entraînés ou répandus, suivant les variations de débit du ruisseau qui coule au fond de ces ravins. La désagrégation chi-

---

(1) Nous avons consulté, en ce qui concerne la classification générale des sols et l'usage des termes particuliers à la pédologie, les ouvrages suivants :

GLINKA. — Types divers de formation des sols et classification de ceux-ci. *Revue Internationale renseignements agricoles*, nouv. série, vol. II, Janvier-Mars 1924, n° 1.

VILENSKY. — La classification des sols d'après les séries analogues de leur formation. *Rev. inter. rens. agr.*, nouv. série, vol. III, octob.-déc. 1925, n° 4.

AGAFONOFF. — Quelques réflexions sur l'histoire de la pédologie. *Annales de la science agronomique française et étrangère*, 43e année, n° 2, mars-avril 1926.

AGAFONOFF. — Les types des sols de France. *Ann. science agr. franç. et étrang.*, 45e année, n° 2 mars-avril 1928.

DE MARTONNE. *Traité de géographie physique*, tome III, Biogéographie. Chapitre III, 1925.

BOURCART et MALYCHEFF. — Premiers résultats de recherches sur les sables du Sahara. *Bull. Soc. Géologique de France*, 4e série, t. 26, fascicules 3, 4, 5, 1926.

(2) *Agafonoff*, 1928.

mique par l'eau atmosphérique s'exerce ainsi sur de grandes surfaces des éléments de la roche. Mais l'action de l'eau de la nappe phréatique, arrêtée par les marnes sous-jacentes, est bien plus considérable. Son pouvoir est augmenté par les acides organiques provenant de la décomposition des matières végétales. La décomposition des silicates et de la glauconie y est donc très active. La formation d'une argile ferrugineuse y est constante. De plus, la présence du calcaire venu des couches supérieures par l'eau atmosphérique, par le glissement sur des pentes raides d'éléments calcaires, venu aussi des couches inférieures par capillarité y permet la coagulation de l'argile formée. L'évolution du sol s'y fait donc avec la plus grande facilité. La désagrégation mécanique du **Cénomanien silico-calcaire** se fait aussi par éboulement, puisqu'il fait partie des a-pics qui forment les parois des ravins. Mais ce sont des blocs solides qui tombent, sans se briser et s'émietter. Les parties marneuses qui séparent les bancs calcaires facilitent cette chute, et la gelée contribue à diviser les blocs. Mais l'altération chimique y est bien moins intense que dans le niveau précédent ; ce n'est plus, en effet, la surface de chaque grain qui est sujette aux attaques, mais la surface des blocs. D'autre part, il n'y a pas de nappe à ce niveau. Aussi voit-on sur ces bancs calcaires des surfaces privées de sols évolués, montrant des fragments grossièrement arrondis et ayant résisté à l'altération. Certaines de ces surfaces sont parmi les plus stériles de la forêt. Par contre, les parties sableuses se décomposent, au contraire, plus facilement, un peu, comme celles de l'Albien mais avec moins de rapidité, ce niveau étant en somme situé dans un « *climat* » plus sec. De même, les parties marneuses abandonnent leur calcaire et libèrent leur argile.

Nous ne voyons pas, par contre, comment pourrait se faire l'altération des grès durs, uniquement quartzeux, du **Cénomanien siliceux**. Les exemples habituels de grès semblables, usés par les agents atmosphériques, comportent toujours l'existence de zones marneuses, ou calcaires, ou sableuses, susceptibles d'être emportées, mécaniquement ou chimiquement.

Ce qui se passe à Valbonne, c'est bien ce que nous avons indiqué. Les parties sableuses sont enlevées, et les blocs de grès durs, aux formes étranges, restent en saillie ; ils roulent, par

ailleurs, le long des pentes, par enlèvement de leur substratum, comme le font les blocs de granite sur les flancs du Lozère. On voit, assez souvent, le niveau précédent recouvert de ces blocs.

Les parties gréseuses, incomplètement cimentées, qui comportent des vides, peuvent se désagréger superficiellement par la gelée.

Dans le sol lui-même, sur les sables ou les grès en désagrégation, c'est plutôt un phénomène de cimentation qui se produit par le calcaire et l'argile ferrugineuse.

La décomposition du **Cénomanien marneux** est trop facile à comprendre pour nous arrêter longtemps. Le niveau à lignite, notamment, dès qu'il peut être imbibé d'eau, devient extrêmement argileux, les parties plus sèches se délitent simplement.

Nous dirons quelques mots, à la fois, de l'altération du **Turonien et de l'Oligocène** qui le surmontent. Le procédé est le même pour les deux. C'est le phénomène classique de la décalcification et de la production de la « *terra rossa* ». Ces argiles de décalcification existent à peu près partout, sur Lacustre et Turonien, à Valbonne.

A la vérité, la formation de ces argiles résiduelles est plus compliquée qu'on ne le pense. Si l'on réfléchit que le nombre des jours de pluie est très réduit dans notre région méditerranéenne, que l'eau qui tombe, en grande quantité, il est vrai, disparaît aussitôt soit en profondeur, soit sur les pentes par des thalwegs rapides, on en déduira que les actions mécaniques doivent prévaloir sur les actions chimiques, en ce qui concerne l'usure du calcaire.

Si la corrosion continue à l'heure actuelle, sur une assez forte échelle, c'est dans les cavités souterraines, encore parcourues par des ruisseaux, dont les parois suintent constamment, et par où s'écoule, peu à peu, l'eau venue de la surface. Elle peut continuer encore dans les parties calcaires recouvertes d'alluvions, de sables, de limons perméables qui arrêtent l'écoulement de l'eau et la mettent assez longtemps en contact avec le calcaire.

De même, elle continue, mais bien faiblement, dans le fond de quelques poches superficielles, dans le fond des lapiaz où l'humidité persiste bien plus longtemps qu'à la surface du calcaire, où l'insolation et l'évaporation sont intenses. On peut penser qu'à diverses époques, des cavités souterraines, remplies

d'argiles de décalcification, se sont trouvées à l'air libre, par suite du développement de l'érosion qui abattait les plafonds et les murailles qui les cachaient. C'est là, à notre avis, une source de *terra rossa* bien plus importante que la décalcification de surface.

Mais, nous avons montré (1926-1927), que les prétendues terres de décalcification des garrigues de Nîmes et du Gard étaient généralement des restes d'anciennes nappes alluvionnaires et surtout des loess transformés en limons.

Il en est bien ainsi pour les terres du Pâtis de Salazac, dans lesquelles nous avons trouvé divers éléments étrangers au calcaire.

Chaque roche réagit à sa façon vis-à-vis des agents atmosphériques, mais les travaux des pédologues ont montré quelle était l'importance du climat sur les procédés de désagrégation. D'autre part, des conditions de relief et d'humidité particulières peuvent être équivalentes à des différences de climat ; ainsi, on opposerait volontiers la *désagrégation des sables albiens*, que l'on rapprocherait des phénomènes semblables qui se produisent dans les régions du Centre ou de l'Ouest de la France, à *l'altération des calcaires lacustres* qui paraît bien caractériser ce qui se passe dans la région méditerranéenne. Nous avons vu, cependant, que peut-être le procédé le plus actif de désagrégation, se passe en profondeur où le climat est tout autre qu'en surface.

Les divers sols de Valbonne. — Après avoir étudié les diverses roches que l'on rencontre à Valbonne, leur constitution, leur mode de formation et de désagrégation, nous pouvons aborder utilement l'étude des divers sols qui recouvrent ces roches. Nous opposons ainsi les *sols* aux *roches*. Celles-ci ne deviennent des sols, que quand une suffisante désagrégation a permis aux racines de s'y introduire pour soutenir et nourrir la plante. La roche désagrégée ne devient d'ailleurs un *sol complet* ou *évolué* ou *adulte*, que grâce à des phénomènes très compliqués de chimie minérale et de chimie organique, dans lesquels l'action des organismes végétaux et animaux joue un rôle très important. Le sol dépend ainsi de la nature de la roche, de sa désagrégation, des phénomènes géologiques qui se sont produits au moment de sa formation, de sa couverture végétale,

pour une part, de l'action des animaux qui l'habitent ou le parcourent et, pour une part très importante, du climat d'autrefois et d'aujourd'hui. On voit quelle est la complexité de sa formation, et comment il devient, ainsi que le dit Agafonoff (1), « *un corps naturel comme un minéral, une roche, une plante, un animal* ».

Bien que la classification des sols ne soit pas encore établie d'une manière définitive, et sans doute à cause de cela, nous pouvons examiner, à divers points de vue, les sols sur lesquels sont installées les formations végétales de Valbonne.

Nous pouvons, par exemple, les diviser en sols *alluviaux*, *éluviaux et colluviaux*. Nous ne trouvons pas à Valbonne de sols *alluviaux* bien caractérisés, c'est-à-dire venant d'ailleurs, et étalés comme le sont les alluvions. Tout au plus, peut-on penser à une origine semblable pour une partie des éléments des sols rouges que l'on trouve sur le Pâtis de Salazac.

Tous les sols que l'on rencontre à Valbonne ont été formés, sur place (*éluviaux*), ou bien transportés de tout près, et dans les limites mêmes de la forêt (*colluviaux*).

Ils portent donc, uniquement, l'empreinte des conditions de milieu propres à la région que nous étudions.

Les sols éluviaux, ceux qui résultent de l'évolution sur place du sol à partir de la roche mère, se réalisent, par exemple, dans les ravins Albiens, par la désagrégation dont nous venons d'indiquer la marche générale et à la suite des actions dues à la forêt elle-même. De même, pour les sols du Cénomanien siliceux, qui se forment sur les parties non agrégées ou désagrégées, ou bien encore pour le Cénomanien marneux.

Mais, à la vérité, presque tous les sols de Valbonne sont *colluviaux* ; rares sont ceux qui n'ont pas subi quelque transport, quelque déplacement qui les fait parfois recouvrir d'autres roches que leurs roches mères.

Nous verrons plus loin comment on trouve très souvent, à Valbonne, plusieurs sols superposés, dont l'un, au moins, est formé d'éléments étrangers à la roche sous-jacente et venus des environs immédiats.

---

(1) Agafonoff, 1926.

Le type le plus frappant des sols colluviaux, ce sont ces sols *pâles*, presque aussi caractéristiques de Valbonne que les sols de l'Albien, ils nous arrêteront assez longtemps. Ils sont actuellement, d'ailleurs, devenus des roches, de véritables formations géologiques, dont l'origine paraît semblable à celle des loess.

Nous pouvons aussi classer nos sols d'une autre manière, suivant qu'ils sont plus ou moins évolués, que la désagrégation de la roche mère, suivie de l'action des organismes et du climat, les ont plus ou moins ameublis, modifiés, physiquement et chimiquement et rendus propres à nourrir une végétation abondante.

Pour peu qu'une roche se désagrège, fut-ce simplement par la gelée, et après l'intervention des lichens et des mousses, les éléments disjoints forment un sol *juvénile* ou mieux *squelettique*, sur lequel déjà peuvent se hasarder certaines espèces végétales. Certaines roches, par leur nature même, ne se prêtent jamais qu'à la constitution de tels sols squelettiques. Tels sont, par exemple, certains marno-calcaires du Néocomien, et dans le cas qui nous occupe, les calcaires gréseux du Cénomanien (II). Dans les parties de la forêt où affleurent les bancs de ce niveau, qui ne sont ni sableux, ni argileux, les reboisements éprouveront toujours beaucoup de difficultés, comme on le voit sur le chemin de la Montagnette. Ce sont des sols *vivants* sans doute, mais d'une vie ralentie.

D'autres sols, au contraire, sont très vite *évolués*, *complets*, *adultes*. Les sables de l'Albien, par exemple, ne sont squelettiques que très peu de temps. Leur composition, leur perméabilité, leur climat particulier, en font tout de suite un sol excellent, et leur évolution est accentuée par l'abondante couverture végétale qu'ils portent aussitôt ; les influences *phytogéniques* y deviennent prépondérantes.

D'autres sols, enfin, continuant leur évolution deviennent *séniles*, *meurent*, *se fossilisent*. Ce sont ces terrains de transport, datant du Quaternaire, ces sols colluviaux pâles, si abondants à mi-hauteur, dans la forêt. Ils ont été recouverts par d'autres sols, les actions des organismes ne s'y font plus sentir, et leurs transformations actuelles relèvent de la géologie, ce sont des phénomènes de *métasomatose*. Nous verrons, cependant, qu'ils reviennent, si l'on peut dire, assez facilement à la

vie. Ils n'opposent pas de résistance au trajet des grosses racines, le long desquelles recommencent les phénomènes biologiques.

Nous écarterons, momentanément, ces classifications pour décrire les sols tels que nous les avons vus, en les caractérisant simplement par un de leurs caractères les plus apparents, en l'espèce : *la couleur*. On verra que nous rejoignons ainsi les classifications les plus récentes et celles qui paraissent le mieux répondre à ce que nous demandons à la classification des sols.

Nous donnerons, d'abord, une observation faite à l'entrée de la forêt, qui nous éclairera sur la classification et la succession des sols que l'on y rencontre.

Nous reprendrons ensuite chaque sol de la forêt pour étudier sa composition et sa distribution, et nous verrons comment ils se superposent.

Les 3 sols du Mas d'Auriac. — A l'entrée de la forêt, sur le chemin qui va de la maison forestière à Saint-Michel-d'Euzet, un peu avant le mas d'Auriac, des travaux, faits pour la plantation d'une vigne, ont entaillé la colline et permis l'observation d'une coupe, où l'on voit se superposer trois dépôts différents. Au sommet, 0^m10 environ de terre brun rouge, au-dessous, 0^m40 de terre rouge, au-dessous encore, 1^m50 d'une roche compacte jaune clair (*voir fig. 4*).

Ces dépôts ne sont pas indiqués par la carte géologique (*Orange S.-W. feuille 210*). On est là, si l'on s'en tient à ses indications, sur du calcaire lacustre de la base de l'Oligocène (e^{2-3a}). Cette notation est d'ailleurs exacte et on ne pourrait donner aux dépôts superficiels que l'on observe là que la notation a^2 (*alluvions modernes*) ce qui serait absurde. On pourrait les désigner par le symbole A^{a1} (*éboulis et limons*) de la légende de la feuille (*Avignon 222. 2e édition*). Ce serait plus exact, mais ne nous apprendrait rien.

Une première observation nous montrera, tout de suite, que la couche supérieure, *brune*, est faite de terre végétale, dans laquelle la plupart des arbustes et des plantes du taillis de chênes blancs et de chênes verts qui couvre la colline étalent leurs racines, que la couche sous-jacente, rouge, est également un sol pénétré de racines, mais en moins grande quantité, et

enfin, que la couche inférieure, jaune clair, plus difficile à interpréter, et qui se présente sous l'aspect d'une roche, n'est plus traversée que par quelques grosses racines.

Ces trois dépôts sont donc trois sols, superposés au calcaire lacustre, et l'on s'explique alors le silence de la carte géologique à leur égard, puisqu'il est entendu, à juste titre, qu'elle n'a pas à indiquer le sol, mais le sous-sol.

Le sol brun, encore en formation, est très vivant, et l'action des organismes, végétaux et animaux, y est, au moins, aussi importante que la désagrégation des roches mères dont il provient.

Le sol rouge est arrêté dans sa transformation ; l'action des organismes qui s'y exerce encore est bien moins importante que dans le précédent, les phénomènes dits de « *métasomatose* » (dissolution, cimentation), s'y manifestent très nettement.

Le sol jaune est un « *sol fossile*, où les organismes ne jouent plus aucun rôle, et où les phénomènes de métasomatose se sont exercés à un point tel qu'ils ont transformé le sol en une véritable roche.

Une analyse minéralogique élémentaire va nous montrer, ce qui est important, que nous n'avons pas là *trois zones différentes d'un même sol*, *mais bien trois sols différents*, successivement déposés l'un sur l'autre, sans relations intimes l'un avec l'autre et formés aux dépens de roches-mères différentes.

La terre brune s'est formée aux dépens du calcaire lacustre qui constitue le flanc de la colline, ainsi que le montrent de nombreux petits cailloux calcaires anguleux disséminés dans la terre. Elle est essentiellement constituée par de l'argile de décalcification provenant du lessivage du calcaire et colorée par l'humus. Aucun autre élément minéral ne s'y montre, sauf au contact avec le sol inférieur. Cette limite est, en effet, assez irrégulière et indécise, à cause des bouleversements dus aux racines et aux animaux fouisseurs. Ce sol se fait, sous nos yeux dans notre climat, et en grande partie, grâce à la forêt, d'où, sans doute, une très grande lenteur dans sa formation.

Le sol rouge est bien différent du précédent. Il en diffère d'abord par l'absence de débris de végétaux et d'humus. Au lieu de fragments de calcaire, on y voit des débris de grès ferrugineux et d'oxydes de fer, des grains de quartz arrondis avec

facettes de chocs ; le tout est aggloméré par de l'argile rouge. Le calcaire y joue un rôle important, mais seulement sous forme de concrétions qui revêtent les fragments siliceux. Mais surtout, il constitue le ciment de petites « *poupées* », légèrement teintées de rose, analogues aux poupées que l'on rencontre souvent dans le loess. Ces poupées ne sont pas dispersées irrégulièrement dans la masse, mais forment un horizon très net à la partie inférieure du sol. Il y a donc là, cette fois, *deux horizons nettement différenciés*. Les débris ferrugineux ou siliceux, ainsi que l'oxyde de fer qui colore le sol, sont évidemment empruntés à l'un des horizons grézeux du Crétacé moyen, vraisemblablement au Cénomanien siliceux. L'absence d'humus et cette couleur rouge caractéristique donnent tout à fait à ce sol le faciès caractéristique des « terra rossa », et pourraient faire croire que ce sol s'est constitué sous un climat différent du nôtre, probablement plus chaud, lors d'une période xérothermique, sèche, antérieure à notre époque et sans doute peu favorable à la forêt. Quelque horizon gréseux affleurait alors sur le flanc de la colline et a donné les éléments de ce sol. Depuis lors, les éboulis de calcaire lacustre ont recouvert ces affleurements et ont contribué, seuls, à la formation du sol brun.

Mais il est possible aussi, plus simplement, que ce sol doive sa couleur à la roche-mère dont il provient, elle même fortement rubéfiée.

Le sol inférieur, de couleur *pâle*, jaune clair, est à son tour différent des deux autres. Son épaisseur visible est beaucoup plus grande, et il se continue en profondeur. Il ne présente aucune trace d'humus, ni de débris végétaux, ni de fragments siliceux. Les seuls éléments étrangers sont quelques fragments de calcaire lacustre à arêtes très fraiches, disséminés irrégulièrement dans la masse du dépôt. Celui-ci est constitué, en grande partie, par des éléments quartzeux, anguleux, très fins, se présentant le plus souvent sous l'aspect d'une poussière. Ces quartz sont légèrement colorés en jaune par de l'argile ou de l'oxyde de fer. Une forte réaction à l'acide montre que ce dépôt est, de plus, franchement calcaire.

Nous avons là des caractéristiques minéralogiques qui sont celles du « *loess* ». Le calcaire, ici, se présente non plus sous la forme de poupées ou de poussière, mais en traînées blanchâtres,

irrégulièrement disséminées dans la masse. Il constitue aussi un ciment concrétionné, très visible à la loupe, qui unit très solidement les grains de quartz, donnant à ce dépôt la consistance d'une roche.

On peut trouver, très facilement, l'origine des éléments quartzeux dans quelque horizon sableux de l'Albien ou du Cénomanien de cette région. Pour le calcaire du ciment, il est permis de penser qu'il est venu, par capillarité, du calcaire lacustre sous-jacent. Quant aux poussières calcaires, leur origine est toujours un problème.

Des dépôts semblables, quoique moins cimentés parce qu'ils reposent sur des roches siliceuses, s'observent en d'autres points de la forêt avec une assez forte épaisseur, notamment le long de la route de Pont-Saint-Esprit. Nous aurons l'occasion de les étudier plus longuement.

Cette coupe du Mas d'Auriac, que nous venons d'étudier en détail, nous renseigne parfaitement sur la classification et la succession des sols à Valbonne. A quelques détails près, on ne voit rien d'autre et rien de plus dans la forêt que ce que nous venons de voir. Nous y rencontrerons uniquement, avec quelques variétés que nous signalerons, les mêmes sols : *bruns, rouges, pâles*. Sur d'autres points, d'ailleurs, nous pourrions observer des coupes semblables, montrant la même succession, par exemple, le long de la route de Pont-Saint-Esprit, vers la Fontaine des Dames, mais elles sont loin d'être aussi nettes (*voir fig.* 7).

Après avoir pris contact avec ces divers sols, nous allons reprendre l'étude de chacun d'eux et voir, en particulier, comment ce caractère de coloration, que nous avons choisi pour les caractériser, correspond à ces différences essentielles dans leur mode de formation.

Sols bruns. — Les sols bruns, toujours en surface, de formation actuelle, sont les plus variables dans leur coloration, qui tire parfois vers le jaune, le gris ou le rouge suivant la roche mère qui les supporte. D'ailleurs, cette coloration apparaît toujours avec beaucoup plus de netteté sur le terrain qu'au laboratoire. Leur peu d'épaisseur, fait en effet, qu'au moment de la prise d'échantillon, il est assez difficile de ne pas les mélanger avec leur support.

La caractéristique de ces sols, leur couleur, est due, nous l'avons vu, à la présence de l'humus. Il ne se présente évidemment pas, ici, en couche, mais il colore les grains de quartz détritique, ou de ces quartz extrêmement fins toujours associés à l'argile, et que nous appelons *quartz de l'argile*. Il agglomère aussi les grains qui assurent la porosité du sol.

La présence de l'humus étant leur caractéristique principale, nous les trouvons donc partout, dans la forêt, où le couvert donne assez de matériel décomposable, mais, cette condition suffit. Ils se forment donc, actuellement, sur des roches mères différentes. Cette coloration leur donne un *faciès* semblable, pour employer ici l'expression familière aux géologues, et qui nous paraît très à sa place, mais non une composition physique et chimique semblable.

Le sol brun peut parfois, mais non toujours, se présenter comme l'horizon d'un sol qui comprendrait alors la *terre végétale* humifère, et la *terre minérale*, sans humus, résultant de la désagrégation de la roche mère.

A Valbonne, étant données les conditions géologiques et morphologiques particulières de la forêt, il peut arriver que les deux horizons résultent de la désagrégation des mêmes élements, mais il arrive aussi, plus souvent encore, que leur formation s'est faite aux dépens d'éléments très différents, comme nous l'avons vu au Mas d'Auriac. Ils peuvent aussi constituer le sol sur une très faible épaisseur, c'est ce qui se produit dans beaucoup de parties des Garrigues du Gard. Là, le calcaire Néocomien est parfois recouvert de terra rossa qui supporte le sol brun, mais, très souvent, celui-ci repose sur le calcaire, sans autre intercalation.

Nous trouvons donc à Valbonne, des sols bruns sur les sables d'Albien, sur le Cénomanien silico-calcaire, sur le Cénomanien siliceux, sur le tertiaire lacustre.

On peut schématiser ainsi leur composition minéralogique, en ordonnant les éléments par importance décroissante.

1. *Argile*, 2. *silice*, 3. *humus*, 4. *calcaire*.

Les trois premiers éléments sont toujours présents, le plus souvent dans l'ordre indiqué, la silice, parfois plus abondante que l'argile, l'humus, toujours présent, quelquefois subordonné, quelque-

fois prépondérant, le calcaire toujours en petite quantité et souvent absent. Ces variations sont évidemment dues à la roche-mère, ainsi le sol brun, formé sur Albien siliceux, contient des grains de quartz détritiques arrondis, parfois visibles à l'œil, tandis que ce même sol, formé sur calcaire, ne contient qu'une poussière de quartz anguleux.

Ce que nous avons dit nous indique bien sa distribution dans la forêt. Partout où les sols rouges n'apparaissent pas en surface, c'est-à-dire sur les sables et grès au Cénomanien siliceux, il est habituel de le trouver, mais il peut manquer parfois et être remplacé par des sols squelettiques.

On voit que la caractéristique de ce sol est due à l'influence de la forêt. Ce sol est donc *phytogénique* (1), en donnant à ce terme le sens le plus large. Plus exactement, comme l'humus est loin de s'y accumuler en quantité importante, il faudrait sans doute le ranger dans la *classe thermophytogénique*. Mais celle-ci, d'après M. Vilensky, « comprend des sols peu étudiés à coloration jaune brune et jaune rougeâtre qui ne contiennent que peu d'humus et une quantité considérable d'oxydes », ce qui n'est d'ailleurs pas le cas de nos sols bruns, ils se trouvent dans le sud de l'Europe (France), et M. le Prof. Glinka en a formé un groupe distinct sous le nom de sols jaunes. Leurs types n'ont pas encore été étudiés, même approximativement ». On voit qu'il y a quelque obscurité encore dans cette classification. Peut-être, pourrait-on plutôt les ranger dans les *sols bruns du professeur Ramann* (2), « premier degré de transition entre le type latérite et le type « *podsol* ». Ils rentreraient ainsi dans la « *zone des sols bruns parfois faiblement podzoliques),* figurés sur la carte donnée par le Professeur Agafonoff (3), qui les a arrêtés au-dessous de Valence ; il faudrait donc descendre cette limite, et admettre l'existence, dans la zone méditerranéenne, de sols bruns à côté de sols rouges, dans certains cas particuliers à étudier.

Les caractères donnés correspondent bien à notre sol brun : pas de concrétions, structure pas très distincte, dépendance très nette à l'égard des roches mères. Le processus podzolique y est

(1) VILENSKY, *loc. cit.*
(2) GLINKA, *loc. cit.*
(3) AGAFONOFF, *loc. cit.*, 1928.

inexistant. Nous ne l'observons pas dans la forêt; cependant, un échantillon de sol pris sur l'Albien siliceux dans un fond de ravin nous a montré quelques fragments d'un *alios* rudimentaire, qui serait comme une ébauche de processus podzolique. La constance du faciès du sol, dans la forêt, sur les diverses formations, peut nous le faire considérer aussi comme une sorte de *sol climatique*, mais peu épais et très sujet à varier.

Sols rouges. — La caractéristique de coloration de ces sols est encore plus frappante que la précédente. Elle apparaît nettement au laboratoire comme sur le terrain, et elle est moins sujette à variations.

Si l'on s'en rapporte à ce qui a été écrit par divers auteurs, on pourrait s'attendre, Valbonne étant en pleine région méditerranéenne, à voir les sols rouges apparaître partout. Il n'en est rien. Pas plus, d'ailleurs, que dans les Garrigues de tout le Gard. Certes, les terres rouges n'y manquent pas. Mais très généralement, elles sont surmontées par une mince couche de sol brun. Si les champs cultivés que l'on rencontre dans la garrigue présentent souvent une teinte rouge ou jaune très vive, c'est que la culture a détruit la pellicule de sol brun et mélangé les niveaux ; d'où, d'ailleurs, l'intérêt de l'étude des sols en forêt.

En réalité, à Valbonne, l'horizon rouge le plus frappant, suit fidèlement le Cénomanien siliceux. Même quand il n'est pas sur les roches mères de cet étage, il est facile de voir à sa composition minéralogique qu'il provient de leur désagrégation. C'est le cas du sol rouge du mas d'Auriac ou de la Fontaine des Dames. On est assez gêné, alors, pour rapporter la formation de ce sol à des conditions climatériques particulières, telles que celles qui président à la formation des *latérites-sols*, *des terres rouges* des latitudes subtropicales, voire des « *terra rossa* » des latitudes avec climat chaud, mais tempéré (1). En effet, la grande abondance d'oxyde de fer et d'argile dans les couches non-agrégées ou désagrégées du Cénomanien siliceux suffit à expliquer le caractère du sol rouge sur de telles roches mères. Si les conditions climatériques particulières se traduisent sur

(1) Glinka (1924), p. 7.

les roches par cette couleur rutilante, comme les géologues l'admettent pour des dépôts d'âges très divers, Dévonien, Trias, Eocène, etc., c'est la roche mère qui en a bénéficié, nous avons vu comment (p. 82), bien plus sûrement que le sol.

Ce n'est donc pas sans quelque hésitation que nous introduisons ce sol dans la classification. Cependant, quand il constitue le sol, sans la présence d'un niveau de sol brun, sa pauvreté en humus ne peut nous le faire placer que dans la classe *Thermogénique*. D'ailleurs, le sol rouge observé au mas d'Auriac, nous a montré un horizon B, avec concrétions calcaires, remarquées aussi par le Pr Agafonoff à Port-de-Bouc, Montpellier-Mendon, Menton, Cap Martin, etc.

Il faut noter aussi, en faveur de la production de ce sol sous un climat particulier, le fait que les surfaces du Cénomanien siliceux sont les plus anciennes de Valbonne, après les surfaces planes de calcaire lacustre, à cause de leur dureté, l'érosion a, pendant longtemps, avant l'attaque de l'Albien, respecté ces couches gréseuses.

Il existe, bien entendu, d'autres terres rouges à Valbonne, ce sont les véritables « terra rossa », qui sont, sans conteste, du *type latérite*, de la *classe thermogénique*. On les voit, ici et là, particulièrement dans les fentes du calcaire lacustre, ou à la surface du calcaire, Turonien, à la plaine d'Aquié et sur le Pâtis de Salazac. Nous insisterons toujours sur ce point, c'est que plusieurs de ces terra rossa ne sont pas uniquement des argiles de décalcification, mais qu'elles représentent le résidu, plus ou moins transporté, de formations qui ont aujourd'hui disparu des surfaces sur lesquelles on les rencontre, et que la preuve en est dans la présence du quartz détritique qu'elles renferment, absolument absent du calcaire dans les fissures, les poches, les lapiaz où on les trouve, ce sont des « *sédiments pauvres* ».

Si le sol rouge, sur grès, joue un rôle important dans la forêt, notamment au S.-W. de Carsan, dans le quartier de Sagnié, il n'en est pas de même des vraies « terra rossa » sur calcaire. Elles sont très disséminées, très discontinues. Pourtant, la végétation de la garrigue doit les rencontrer plus souvent qu'on ne le croirait dans les fissures, et son rôle, sans avoir la grande importance du précédent sol, ne doit pas être négligé.

On comprendra, ici encore, que si le faciès de ces deux sortes de sols rouges est le même, leur composition ne saurait être identique, puisqu'ils sont faits aux dépens de roches mères bien différentes. Ici encore, on arrive tout de même à une autre analogie. Leurs caractères minéralogiques à tous deux s'ordonnent comme suit :

1. Argile (très ferrugineuse), 2. silice, 3. calcaire. 4. humus.

Les deux premiers éléments sont toujours présents, le second parfois aussi abondant que le premier. Le calcaire est souvent absent, il est toujours en petite quantité, et l'humus manque dans la plupart des cas. La différence entre les deux types de sols est que, dans le premier, il y a toujours des quartz roulés, parfois assez gros (1-2 m/m) et que dans le second, il peut n'y avoir que les quartz de l'argile.

Sols pâles. — Nous avons déjà parlé de ces sols, que la coupe du Mas d'Auriac permet de voir de très près. Nous en avons parlé à propos du quaternaire d'abord, des sols colluviaux ensuite. La présence de ces sols est ce qui frappe tout d'abord le géologue à Valbonne, presque autant que les grands ravins de l'Albien. Il est cependant nécessaire, pour se rendre compte de leur importance, de posséder une certaine habitude du terrain. On peut, assez facilement, étant donné leurs teintes, les confondre avec les sables de l'Albien, sur lesquels ils sont le plus souvent.

Leurs matériaux ne sont pas toujours aussi fins que ceux que nous avons observés au Mas d'Auriac. Ce sont, très souvent, des éboulis de coteaux (*voir fig. 2*). Mais tandis que beaucoup d'éboulis de coteaux du Gard sont cimentés par du calcaire rubéfié, ceux-ci sont toujours gris clair, jaune clair, toujours pâles.

Ainsi que nous l'avons dit, ils remplissent avec des épaisseurs qui doivent dépasser 10 et 12 mètres, des dépressions creusées pendant un cycle d'érosion du quaternaire, puis ils ont été creusés à leur tour, et, en général, dans les mêmes thalwegs. Il en existe des buttes, isolées par l'érosion, qui témoignent de leur grande importance, dans la cuvette de la Chartreuse (*voir fig. 1*).

La présence, toujours constante, de la calcite. en grains très fins, permet de les rapprocher des loess. Et nous les rapprochons aussi de terrains semblables, toujours pâles et très constants dans leur constitution minéralogique, que nous avons observés dans le Gard, depuis St-Martin-d'Ardèche, jusqu'en Costière et particulièrement autour de Collias.

Ils occupent une partie importante de la forêt, surtout à mi-à hauteur, ainsi que le montre la route de Pont-Saint-Esprit, qui les entaille très souvent sur le talus amont de la route. On les voit aussi au-dessus de la Chartreuse, où ils constituent un replat (*voir p. 162*). Là, ce sont vraiment des éboulis de coteaux, qui forment un sol calcaire, squelettique, sur lequel prospère l'*Aphyllanthetum*. Ils sont plus rares sur Cénomanien siliceux, quoiqu'ils remplissent la partie amont du ruisseau de Sagnié, exactement au devant de la maison forestière.

Il est assez difficile de faire rentrer ces sols dans la classification actuelle. Ils sont d'ailleurs fossiles et sont devenus de véritables roches. Le fait que les actions éoliennes ont contribué à leur formation n'est pas douteux, mais il n'est pas douteux non plus que le ruissellement des eaux sauvages y soit aussi pour une bonne part. Le fait qu'ils sont toujours surmontés par des sols forestiers, que nous pouvons rapporter au Néolitique, nous conduit à les placer à la fin du Quaternaire. Mais nous hésitons à faire des hypothèses sur le climat qui régnait quand ils se sont formés. On voit, cependant, par la grosseur des éléments locaux charriés, des calcaires lacustres généralement, que les chutes d'eau devaient être abondantes, et le sol non recouvert uniformément de végétation, ce qu'attestent aussi l'importance prise par le vent et l'absence d'humus dans le dépôt.

Ils sont aujourd'hui fossiles, mais leur rôle est loin d'être négligeable. Ils constituent un sous-sol profond et frais dans lequel les grosses racines peuvent s'enfoncer et aller chercher de l'eau. Leur perméabilité permet, en effet, à celle-ci de les imprégner presque constamment.

Leur constitution minéralogique, dans les parties fines, est assez constante. Elle s'ordonne ainsi :

1. CALCAIRE, 2. SILICE, 3. ARGILE, 4. HUMUS

Le troisième est peu abondant, et le quatrième presque toujours absent.

Considérations générales. — Les détails que nous venons de donner sur ces trois sols, si faciles à distinguer à Valbonne, nous permettent maintenant quelques considérations générales à leur sujets.

Nous pouvons constater une tendance certaine vers l'établissement d'un « *sol climatique* » : le sol brun. L'établissement de la forêt, depuis le Néolithique au moins, a permis dans les conditions particulières de Valbonne, la constitution d'un sol phytogénique, encore de très faible épaisseur. La régression de la forêt le ferait infailliblement disparaître, pour mettre au jour, l'un des deux autres sols. Il est très instable. Gaussen (1) a bien mis en évidence cette instabilité pour la région des Pyrénées qu'il a étudiée. Elle est très frappante à Valbonne, où, à cause du relief, et des diverses roches qui affleurent, le sol est exposé à recevoir des matériaux très différents suivant les époques. Les roches-mères reprennent donc facilement le premier rôle et viennent troubler la formation du sol climatique. C'est d'ailleurs ce qui se passe, très souvent, dans la région méditerranéenne ainsi que le dit aussi le Professeur Agafonoff (2).

Nous avons déjà vu, au Mas d'Auriac, que le sol rouge, fait de Cénomanien altéré, reposant sur le sol pâle, a été recouvert par des débris de calcaire lacustre, origine d'un sol brun. On voit le même phénomène, sur le chemin de St-Michel, après la maison forestière, le sol rouge siliceux formé aux dépens du Cénomanien siliceux, a été recouvert par un sol jaune brunâtre, assez épais, contenant de nombreux fragments de calcaire lacustre (*voir fig. 10*). Dans les deux cas, c'est qu'à un moment donné de l'évolution des formes du terrain, des débris calcaires ont été amenés par ruissellement sur un point qu'ils n'atteignaient pas jusqu'alors.

Même observation, sur le chemin qui va de la maison forestière au Chapelas : une faible couverture de sol brun, faite de

(1) Gaussen. — Végétation de la moitié orientale des Pyrénées (Thèse). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, tome LV, 1926.

(2) Agafonoff, 1928.

débris de calcaire lacustre, recouvre le sol rouge. Autre exemple, mais tout autre, sur le chemin de la Montagnette, le Cénomanien silico-calcaire, qui constitue, tout autour, un mauvais sol squelettique, est revêtu d'un sol rouge provenant du Cénomanien siliceux, qui le domine topographiquement. Dans ce cas, on peut observer ce phénomène, qui, d'ailleurs, ne nous étonne pas beaucoup, c'est que les racines des *calcifuges*, telles que les Bruyères, pénètrent largement dans la couche calcaire (*voir fig. 3*).

Ces phénomènes, et les glissements actuels sur les pentes, tendent évidemment à l'égalisation progressive de la nature du sol, et le sol climatique, s'il en est retardé, n'a que plus de chance de s'établir.

Ainsi tous les sols de Valbonne sont siliceux, et presque tous contiennent du calcaire.

Le premier de ces caractères est très important pour la physionomie de la forêt. La prédominance, si visible, d'*Arbutus Unedo et Erica scoparia*, en font, dit notre collègue M. Kuhnholtz Lordat, *un type de taillis méditerranéen héliophile dont la xérophilie est atténuée par la présence de la silice.* Nous avions déjà noté, nous-mêmes, ce caractère dans la garrigue nimoise.

Quant à la présence du calcaire, indépendamment de l'intérêt qu'elle présente pour l'amélioration des parties trop siliceuses, elle pourrait peut-être nous faire adopter l'opinion de M. Liou Tchen-Ngo (1) qui pense qu'il n'y a pas vraiment des *calcifuges*, mais bien plutôt des *silicicoles* ; de fait, les espèces qui ont la réputation de fuir le calcaire, se trouvent, un peu partout, à Valbonne, sur ces sols qui ont toujours et de la silice et du calcaire ; mais on sait la complexité de la question.

Enfin, la désagrégation facile, le glissement sur des pentes souvent raides, l'existence de sols pâles, la superposition successive des sols, contribuent également à donner à notre forêt, une épaisseur considérable de couches meubles dans laquelle peuvent plonger les racines, ce qui est rare dans notre région. De plus, la présence, au-dessous des couches poreuses de niveaux imperméables, assure l'alimentation en eau de la forêt. Tout cela concourt à lui donner, quoiqu'elle demeure bien médi-

(1) *Etudes sur la géographie botanique des Causses. — Archives de Botanique.* Tome III, mémoire n° 1. Caen 1929.

terranéenne, une physionomie particulière, celle qui, depuis longtemps, a retenu les botanistes et que la géologie explique pour une part importante.

Ainsi, à basse altitude, la forêt de Valbonne et les bois de la Costière, près Nîmes, sont installés sur un sol constamment approvisionné en silice. L'avantage du point de vue de la densité du peuplement et des possibilités de développement pour les arbres est nettement en faveur de la première, à cause de la finesse du sol, de sa profondeur, de son humidité, et de la jeunesse des formes, protégeant la végétation contre l'insolation.

La Costière, elle, a nettement l'avantage sur la garrigue (*recouverte de limon*), de sorte que l'on peut établir trois types de bois, sur sol contenant de la silice, à basse altitude dans notre région méditerranéenne :

1° *Valbonne, sols profonds, fins et humides ;*
2° *Costière, sols grossiers, profonds et secs ;*
3° *Garrigue* (*recouverte*), *sols peu profonds, fins et secs.*

Il faut, naturellement, rapprocher de Valbonne d'autres bois établis sur des couches de même nature, par exemple, ceux de Gaujac.

Mais ils en diffèrent fortement, parce que les conditions de milieu sont malgré tout différentes, les autres facteurs de tectonique, de morphologie, de pédologie, étant tout autres, et aussi, parce qu'ils ont connu des destructions évitées à Valbonne par la protection des Chartreux.

CONCLUSIONS

Nous pourrions nous en tenir à cette étude descriptive qui ne pouvait être qu'une sorte d'introduction aux travaux du phytogéographe et du forestier.

A proprement parler, ce travail ne comporterait pas de conclusions.

Nous avons voulu, cependant, essayer de faire entrevoir, par deux ou trois propositions sommaires, en rappelant quelques faits exposés, le déterminisme qui lie, à notre avis, les phénomènes de la biosphère à ceux de la lithosphère.

1. *Un passé géologique lointain a donné à la forêt de Valbonne, dans un cadre limité, ses caractères propres : lithologiques, topographiques, pédologiques, qui restreignent étroitement l'importance des influences humaines, conservatrices ou destructrices, et qui s'opposent fortement, mais sans les dominer, aux influences du climat méditerranéen.*

Ce sont les conditions littorales, le dépôt de sédiments détritiques variés et presque toujours siliceux, la surélévation anticlinale, l'intensité de l'érosion en couches meubles, la formation de grands ravins favorables au taillis mésosciaphile, au hêtre et au rouvre, à la futaie, la présence de couches imperméables déterminant dans ces ravins un *climat* spécial, le mélange des sols, leur formation facile et profonde qui ont donné à la forêt sa physionomie propre, si différente de la physionomie habituelle de la forêt méditerranéenne.

Telles sont les influences du passé sur lesquelles nous avons insisté au cours de cette étude. Elles nous paraissent *capitales.*

2. *Dans la mesure où le permettent ces influences primordiales, fixées et persistantes, l'évolution de la forêt est soumise aux modifications éventuelles du climat et aux influences humaines, destructrices, conservatrices ou améliorantes dont les possibilités sont particulièrement grandes dans la partie de la forêt, la plus étendue, où les sols et le sous-sol renferment de la silice.*

On notera, peut-être, quelques déterminismes particuliers : l'impossibilité d'augmenter de beaucoup l'aire de répartition du hêtre, ou au contraire, la possibilité de l'introduire dans certaines stations, d'où l'homme l'a vraisemblablement chassé, la présence d'associations telles que le *Molinietum* ou *l'Aphyllanthetum*, sur certains sols, l'utilité de protéger les formes instables des grands ravins où l'on voit le *Corynephoretum*. Ce sont de bien légers détails dans un ensemble complexe, pourtant revêtu, quelque soit le sol, sur de vastes espaces, de taillis *xérohéliophiles ou mésosciaphile*, que le forestier peut, en suivant telle ou telle méthode, entraîner vers une dangereuse régression, ou vers une évolution conservatrice ou rémunératrice.

Si le sol brun, que nous avons observé, un peu partout, est favorable à la germination ou au développement de la plantule, ce serait là le caractère pédologique le plus important qui puisse intéresser le phytogéographe et le forestier.

3. *Dans la partie de la forêt établie sur sous-sol calcaire (garrigue) les influences édaphiques, ajoutées à celles du climat, donnent la physionomie particulière et constante de la forêt. Elles sont prépondérantes et limitent considérablement le pouvoir d'amélioration de l'homme en lui laissant le pouvoir de conservation et aussi celui de destruction.*

C'est le problème de la garrigue, qui nous a beaucoup intéressé nous-mêmes, de la garrigue, aux associations végétales complexes, liées à une exploitation abusive séculaire, où le sol ne se forme qu'avec une extrême lenteur, où les possibilités de reboisement paraissent limitées à un petit nombre d'espèces.

Ici, pourtant, le géologue indiquera au phytogéographe des points où le sol permet la présence de certaines espèces qui manquent partout ailleurs, et aux forestiers, les surfaces revêtues de limons, les remplissages de vallons, les poches mêmes, où certains feuillus peuvent vivre et compléter les inévitables résineux. C'est d'ailleurs, nous l'avons vu, un cas assez fréquent à Valbonne, où la garrigue ne ressemble pas de tous points, fort heureusement, à celle que l'on peut observer, avec effroi, sur les croupes pelées qui avoisinent Lussan.

Il y a donc à Valbonne, deux types de forêts. On pourra, après une étude détaillée, y chercher des enseignements pour l'un comme pour l'autre. Malheureusement, Valbonne sur silice est un cas édaphique particulier, qui ne se retrouve guère ailleurs dans notre région, et Valbonne sur calcaire, est une garrigue privilégiée, par le fait qu'elle est à proximité d'un massif siliceux.

Enfin, en ce qui nous concerne, notre étude personnelle se lierait d'une manière plus précise, à des recherches phytogéographiques, dans une région de plaine ou de pénèplaine, où les formations géologiques, en s'étalant, exerceraient un déterminisme direct et sans mélange sur le sol et la flore.

Pour terminer, nous redirions volontiers, cette fois encore : « *Il est bien vrai de dire que tous les phénomènes biologiques sont dans la dépendance étroite* » — étroite, mais non exclusive — « *des formes du terrain et que, celles-ci, à leur tour, demeurent inintelligibles, aussi longtemps qu'on n'a pas analysé leur genèse* » (1).

L'étude des sols de Valbonne a été faite en 1929, sur le terrain et au Laboratoire du Museum d'Histoire naturelle de Nîmes, avec le concours de MM. de Brun et Châtelet qui ont bien voulu nous accompagner sur le terrain, lors d'une reconnaissance préalable, et de Mlle Courrière qui nous a particulièrement aidé pour l'étude minéralogique de nombreux échantillons.

Le manuscrit a été achevé de rédiger en février 1930. A la correction des épreuves (octobre 1931), nous l'avons laissé tel qu'il avait été établi primitivement. Cependant bien des travaux ont été publiés

---

(1) M. Sorre. — Les Pyrénées méditerranéennes. *Etudes de géographie botanique*, 1913, p. 8.

depuis lors dans notre pays, soit sur les loess (Teilhard de Chardin, Malychef, Agafonoff et Malychef, Dubois, etc...), soit les sols (Agafonoff, Del Villar, Gaussen, Marcelin et Nègre, etc...).

Nous avons fait, nous-même, depuis lors aussi de nombreuses observations sur le terrain, dans toute notre région.

Bien que les uns et les autres ne nous paraissent pas devoir modifier l'ensemble de nos conclusions, nous nous proposons d'en tenir compte et de revenir sur l'interprétation des observations faites à Valbonne, dans une étude ultérieure sur l'ensemble des sols du Gard.

TROISIÈME PARTIE

—

ÉTUDE PHYTOSOCIOLOGIQUE

PAR

M. KUHNHOLTZ-LORDAT

Professeur à l'Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier.

SOMMAIRE

c) V. édaphiques.

1. Sols silico-calcaires.— Stade de l'*Aphyllanthes* (Tab. I. J); faciès pyrophytique (Tab. K). — Stade du *Spartium junceum*.— Dépôts de surface et de comblement. — Stade du *Genista scorpius*.

2. Sols calcaires :

Le taillis calcicole à Amelanchier vulgaris et *Genista scorpius* (Tab. M).

C. — Evolution du Taillis.

a) Affinités des trois types de taillis ; taillis mixte à Ericacées et *Rhamnus Frangula* (Tab. N).— Influence du couvert.

b) Taillis sous futaie (Tab. O).

c) Etiolement du taillis siliceux par les essences précieuses.

1. Chêne à feuilles caduques.

2. Chêne vert. Influence sur le taillis (Tab. P). — Tempérament : fraîcheur du sol; Couvert : pâturage (Tab. Q) ; balivage.

d) Fermeture du taillis calcaire clairiéré.

III. — **Conclusions**

L'étude phytosociologique de la forêt domaniale de Valbonne (et, d'une façon générale, des forêts méditerranéennes du Sud de la France) ne peut pas être conduite comme celle des forêts sous climats plus humides et surtout moins insolées.

Dans les forêts du Massif Central ou des Vosges, par exemple, le phytosociologue se trouve le plus souvent en présence d'une végétation qui évolue assez rapidement vers le climax, si les interventions de l'homme sont prudentes. Les essences définitives (le Sapin, par ex.) s'y comportent même comme des pionniers, en comblant les vides accidentels ou volontairement créés ; elles se régénèrent dans le massif, orientant ainsi le Forestier vers le jardinage.

En forêt méditerranéenne, le phytosociologue est constamment en présence de stades régressifs. Ceux-ci échappent parfois à Valbonne, parce que le sol est surtout siliceux, mais, dès que la proportion du calcaire devient importante, la physionomie de la « Garrigue » apparaît. Sur silice, la régression est plus lente ; elle est moins apparente parce que les espèces sociales colonisent les vides en masse compacte. La couverture du sol est ainsi plus continue, mais cette continuité purement quantitative ne doit pas faire perdre de vue la *discontinuité qualitative* aussi réelle que sur calcaire. Quelques exemples feront mieux saisir cette distinction :

1. — Les trouées pratiquées dans le massif de Valbonne, sur silice (anciens chemins, travaux de vidange, lignes de coupe, éclaircies pour introduction d'essences, etc...) sont colonisées par *Erica scoparia* qui forme rapidement des peuplements très serrés. Cette bruyère atteint ou dépasse la hauteur du taillis pendant plusieurs années après la coupe, assurant ainsi la continuité du tapis végétal (1).

2. — Les trouées pratiquées dans la zone calcaire sont parfois envahies par *Genista scorpius* qui peut être considéré comme

---

(1) Exemples très nombreux à Valbonne: trouées d'éclaircie pour introduction d'essences dans la série d'étude, chemin de la Chartreuse à St-Paulct-de-Caisson, coupe I ; Croix de Sablé, vides importants de Salazac, et au sentier de Cabaresse (coupe n. 2) ; chemin de Montalivet, coupe 14, etc...

l'homologue de *l'Erica scoparia ;* mais les peuplements du genêt sont moins denses et moins élevés (1).

3. — Dès que le sol est marneux, c'est-à-dire moins calcaire, les colonisateurs ont un comportement dynamique qui les rapproche de celui des pionniers silicicoles. Ainsi le *Spartium junceum* forme des peuplements très denses et très élevés (2).

Plus le sol est sec plus la végétation met longtemps à le couvrir et demeure chaméphytique ; si la dénudation est trop accentuée, il évolue inexorablement vers la stérilité : certains ilôts calcaires à Valbonne sont physiologiquement morts (3) ; la clairière s'étend en tâche d'huile, mordant peu à peu sur le massif auquel succèdera la garrigue ruinée. Ces clairières où les tentatives de reboisement direct sont vouées à l'échec, ont le plus souvent pour origine une exploitation abusive. Il ne faut pas, en effet, exagérer l'influence du pâturage sur la déforestation : elle est réelle, indiscutable, mais n'explique pas toute la garrigue. Un mode d'exploitation sévère dégrade la forêt méditerranéenne, aussi sûrement que la surcharge par les troupeaux ; les interventions répétées, entraînent, sous notre climat sec, une régression plus rapide qu'ailleurs. Or, nous prétendons que certains aménagements identiques, sans danger pour les forêts extra-méditerranéennes, sont néfastes dans les massifs méditerranéens.

La périodicité des interventions implique, en effet, l'exclusion de toutes les espèces inaptes à rejeter de souche et non héliophiles, ce qui explique la dominance des Phanérophytes arborescents ou lianoïdes à feuillage persistant.

Il semble que cette périodicité devrait ici, comme ailleurs, entraîner une évolution cyclique. Il n'en est rien cependant et c'est là un caractère très méditerranéen. Si les trouées tendent à se fermer par le jeu naturel des colonisations, les végétaux qui s'en emparent ne sont jamais ceux du stade final. Autre-

(1) Des exemples abondent à la Plaine d'Acquié et généralement sur tous les lambeaux lacustres ; la plus belle colonisation se trouve sur les terrasses abandonnées à la tête du ravin de la Mine, autour de la ferme du Chapelas (remplissage par les apports lacustres).

(2) Toutes les cuvettes ou pentes marneuses entre Uzès et Goudargues ; à Valbonne, en face de la maison forestière, aux pentes Est du quartier de Cabaresse.

(3) Quartier de la Montagnette, coupes 20 et 21 aux abords du périmètre ; vides nombreux à la plaine d'Acquié, pentes Ouest à *Amelanchier* de la coupe 11.

ment dit l'évolution est nettement régressive, car il faut une régénération préalable du sol dont les qualités forestières ont été compromises. Les exemples donnés plus haut le prouvent amplement : *Genista scorpius*, *Erica scoparia*, *Spartium junceum*, *Cistus albidus*, *Sarothamnus scoparius*, *Arbutus Unedo* (toutes espèces qui obturent les vides), appartiennent à des stades initiaux dans la série progressive de la reconquête du sol. Elles apparaissent inexorablement dans les massifs mutilés et l'on peut affirmer que leur incorporation à la forêt est un signe de décrépitude. Or, à Valbonne, ces espèces sont précisément incorporées au massif, et en très grande quantité.

Elles y sont même stabilisées lorsqu'elles rejettent de souche ; elles sont héliophiles et ont une assimilation possible en hiver. Quels que soient les terrains : lacustres, siliceux en place ou remaniés, l'exploitation est pourtant la même ; c'est le taillis simple, tendant à uniformiser la flore.

Nous allons essayer de mettre en lumière à l'aide de cette flore et de la végétation, les caractères essentiels du taillis de Valbonne, afin de trouver quelques indications pour son amélioration.

LE TAILLIS

Nous prendrons comme point de départ le fourré qui se développe avec une très grande vitalité sur les sols siliceux, le plus souvent sableux. C'est lui qui occupe la plus grande surface, et dont les espèces constitutives forment la masse de la végétation à Valbonne.

Nous étudierons ensuite ses variations et son évolution.

A. — **Le taillis xérohéliophile silicicole à Ericacées**

La composition floristique moyenne du taillis sur silice d'après de nombreux relevés pris à la Croix de Sablé, Cabaresse, Montalivet et Sagné est donnée au tableau A.

TABLEAU A. — TAILLIS A ERICA SCOPARIA ET ARBUTUS UNEDO.

Quercus pubescens (1)	2-3	*Clematis Flammula*	+
Quercus Ilex (2)	1-2	*Smilax aspera*	+
Quercus sessiliflora (3)	0-2	*Rubia peregrina*	+
		Lonicera implexa	+
Erica scoparia	+4	*Lonicera etrusca*	+
Arbutus Unedo	+2	*Rubus sp.*	+
Ligustrum vulgare	1-2		
Sorbus Torminalis	1	*Ruscus aculeatus*	+4
Erica arborea	+2	*Hereda Helix*	+4
Viburnum Lantana	+1	*Daphne Laureola*	+
Phillyrea media	+	*Helleborus fœtidus*	+
Pistacia Terebinthus	+	*Teucrium Chamaedrys*	+
Crataegus monogyna	+	*Polygonatum officinale*	0+
Acer campestre	+	*Teucrium Scorodonia*	0+
Acer monspessulanum	+	*Melittis Melissophyllum*	0+
Sorbus Aria	+	*Calamintha officinalis*	0+
Juniperus Oxycedrus	+	*Centaurea pectinata*	0+
Sorbus domesticus	0+		
Juniperus communis	0+	Brins de semences (chênes)	0+
Cistus salvifolius	0+		
Calluna vulgaris	0+		

Comment interpréter ce relevé (4) :

1° LE MORT-BOIS. — *a*) *La proportion* du mort-bois est énorme dans le taillis. Les Bruyères, l'Arbousier, le Troëne ont des coefficients de présence au moins égaux à ceux des Chênes. *Erica scoparia* forme parfois des taches importantes (1 à 4).

L'Arbousier est partout et toujours en trop grande quantité. Le Troëne effilé s'immisce entre les branchages ; d'autres arbustes (*Pistacia*, *Phillyrea*, *Cistus*), bien qu'isolés çà et là, ont un volume important ; le Viorne, le Torminal influent par leur constance et leur répartition homogène dans le taillis. La compacité du mort bois est encore augmentée du fait des lianes variées et présentes à chaque relevé.

(1) = Chêne pubescent. (2) = Chêne vert. (3) = Chêne Rouvre.

(2) Les coefficients de présence sont établis suivant une échelle de 0 à 5. Les + se rapportent à des espèces rencontrées çà et là en très petit nombre. Une espèce appréciée 0+ peut faire défaut et n'est jamais fréquente.

b) Les espèces les plus fréquentes sont aussi les plus *héliophiles*, ce qui est anormal pour une forêt. Les sous-arbutes sciaphiles sont rares : *Ruscus aculeatus* ne domine que dans les parties les plus denses et s'accroît avec le balivage sur certains points privilégiés.

c) *La persistance des feuilles*, plus particulièrement chez les Ericacées qui dominent, donne au mort-bois un avantage appréciable sur les Chênes et Erables à feuilles caduques.

d) Tout ce mort-bois *rejette de souche*, qualité étroitement liée au mode d'exploitation et qui en fait un concurrent redoutable pour les essences de valeur, périodiquement récépées aussi.

e) Sous le mort-bois compact, il reste peu de place pour les *strates inférieures* dont le *Teucrium Chamœdrys* est la seule constante. Le Lierre forme des plaques, prêt à s'étendre en un tapis continu si les fûts s'élèvent ; mais il est limité par la révolution (voir Perchis).

2° *Les essences précieuses.* — Dans cet enchevêtrement parfois impénétrable, les bonnes essences se maintiennent par le recépage. Cette régénération purement végétative est prohibitive de toute extension. Alors que le mort-bois se régénère par semis en raison des fructifications rapides et régulières, les cépées de chêne vieillissent : la chênaie ne se rajeunit pas.

Les coefficients de présence des Chênes montrent la dominance du Pubescent dans l'ensemble du taillis : il est uniformément répandu ; le Chêne vert est subordonné. Quant au Sessiliflore il est localisé (0 +) aux stations les plus fraîches sur les pentes (Sagné) ou aux têtes de ravins (font des Dames, Canet...) où il forme tache d'huile autour des bouquets de Hêtre.

Les caractères du taillis à *Erica scoparia* et *Arbutus Unedo* sont surtout méditerranéens. Ils résultent pour la plus large part de l'insolation du massif, insolation qui provient d'abord des conditions climatiques, puis du mode d'exploitation et enfin de la dominance des Chênes à feuilles caduques.

Ils sont dus aussi au vent sec dominant (Mistral) et à la sécheresse estivale ; mais celle-ci est fortement atténuée du fait de la silice.

Le taillis à Ericacées de Valbonne est donc essentiellement héliophile et partiellement xérophile. Bien que situé dans une

zone semi-montagnarde, il n'est pas affranchi des caractères plus méditerranéens qui lui viennent du Sud, et c'est là son point faible ; car bien des variations que nous allons maintenant étudier accentuent les influences méridionales.

B. — Variations du taillis

Les principales variations du taillis à *Erica scoparia* et *Arbutus Unedo* ont trois causes essentielles :

1. — Tout d'abord des *traumatismes*. Lorsque pour une raison quelconque, dont la principale est l'action de l'homme, le massif est mutilé, le vent peut mobiliser les arènes siliceuses ; le soleil aidant, le sol perd ses qualités forestières favorables au maintien des bonnes essences. Des stades régressifs apparaissent : ils cicatrisent la plaie par les colonisatrices sociales, mais au seul profit du mort-bois pendant de longues années. Nous étudierons le mécanisme de la fermeture de ces trouées.

2. — Un deuxième facteur, dont l'influence est nettement marquée à Valbonne dans les « combes » (1), est la *topographie*. La région de Valbonne, par la nature même des dépôts littoraux qui y dominent, a toujours été en proie à une érosion profonde : les ravins encaissés du cycle actuel déterminent des *stations relativement humides*, qui à l'inverse des régions plus calcaires se ne limitent pas aux thalwegs. Leur influence gagne les pentes les moins ensoleillées, mais l'*exposition* joue un rôle de deuxième plan à Valbonne.

Les variations floristiques de ces stations fraîches sont alors qualitatives, si bien que le taillis peut être très différent. La série d'études située sur les pentes Est de la Grande Combe de la Chartreuse nous permettra d'étudier ce *taillis humide* à feuilles caduques et de l'opposer au *taillis sec* à Ericacées.

3. Enfin, on trouve des lambeaux de calcaire lacustre, des enclaves de marnes ou de terres remaniées riches en débris calcaires : il en résulte des variations d'origine *édaphique* qui établissent un lien entre le taillis exubérant et compact et le taillis clairiéré des garrigues que nous étudierons en dernier lieu.

---

(1) Combe de Sagné, Combe de Canet, Grande Combe de la Chartreuse.

a) **Variations traumatiques**

La moindre trouée faite dans un massif aussi vulnérable peut être lourde de conséquence. Les causes des trouées sont diverses et de valeur inégale : Un taillis aussi compact tend plutôt à étouffer la *flamme* qu'à la propager ; dans la forêt domaniale, les incendies sont rares ; les traces, actuellement visibles, sont très localisées. Un traumatisme plus redoutable est la *coupe à blanc* régénératrice du mort-bois, coupe sévère et périodique. Si l'on tient compte de ce que toutes les espèces arborescentes ou arbustives rejettent vite de souche, la coupe à blanc n'a d'autre objet que de provoquer les rejets sur des souches déjà en place. A longue échéance cependant les souches vieillies des chênes ne rejettent plus et le vide est comblé par le mort-bois. Cela ne veut pas dire qu'un brin de semence utile ne pourra pas surgir par la suite, mais le gland est rare à Valbonne et l'on ne peut compter sur lui que dans une faible mesure, surtout dans le taillis sec à Ericacées : le tableau A indique des germinations extrêmement rares pour l'ensemble des chênes (0 +). Ces considérations ne sont pas à négliger pour un massif aménagé en taillis depuis des siècles, à raison de 3 coupes au moins par siècle.

Le traumatisme le plus dangereux, malgré ses apparences contraires, est la *petite trouée.* Elle agit peu par les dimensions, mais elle est néfaste par le nombre : la forêt de Valbonne fourmille de petites trouées cicatrisées ou en voie de cicatrisation.

Les chemins ont été très souvent déplacés ; les lignes de coupe, les laies sommières, plus stables, n'en sont pas moins, comme les bas côtés des chemins d'exploitation, des foyers de mauvaises semences (*Calluna*, *Erica*, *Sarothamnus*, *Spartium*, etc...) C'est là un mal nécessaire qui, à vrai dire, n'aurait pas de répercussion sur le massif si lui-même n'était pas mutilé. Or, dans chaque trouée, les semences des colonisatrices sociales se jettent en grande abondance. Ainsi, les vides volontairement créés pour l'introduction d'une essence d'essai seraient vite obturés s'ils n'étaient l'objet de soins constants. Mais si l'essence

introduite meurt, l'espèce secondaire sociale s'installe. On en trouve de nombreux exemples (1)

Pour d'autres raisons très diverses (incendies, vidange, dépôts, exploitation) des trouées plus grandes ont été pratiquées. Cela peut sembler exagéré à quelqu'un qui parcourt actuellement la forêt, sans prendre garde à la répartition de la végétation. En y regardant de près, on verra des taches à *Erica*, à *Arbutus* dans des endroits très fourrés où les chênes font défaut, anciens vides comblés, mais qui sont passés par des étapes que l'on peut reconstituer.

Le mécanisme de fermeture des trouées est donc important à connaître : il établira si la cicatrisation est au détriment ou au profit des essences précieuses ; il permettra ensuite de reconnaître les plus anciennes trouées (qui sont les plus trompeuses) et enfin on s'apercevra qu'il y en a eu beaucoup plus qu'on ne le pense habituellement.

Si, par la pensée, on fait abstraction de toutes ces cicatrices occupées par des arbustes, en ne laissant subsister que les bouquets ou les pieds isolés d'essences arborescentes, on obtient une physionomie presque aussi clairiérée que celle de la garrigue. Le grand avantage des terres siliceuses est la continuité du tapis végétal. Le sylviculteur tire profit de cette continuité en valorisant souvent les arbustes de chauffage, par une courte révolution. En réalité, ce profit est néfaste, car, de plus en plus, la forêt vaut par son bois de chauffage au détriment de son bois d'œuvre. C'est par une « analyse botanique » minutieuse, et par l'étude du mécanisme de fermeture des trouées, précisant le rôle dynamique des espèces dans la forêt, que l'on mettra en relief cet aspect trompeur de la continuité du tapis végétal ligneux sur silice. Le tableau A indique 6 essences plus ou moins précieuses (3 chênes, 2 érables et 1 sorbier), à coefficients de présence faibles et à régénération pratiquement nulle, contre 30 espèces dont 14 arbustes assurent le remplissage des vides.

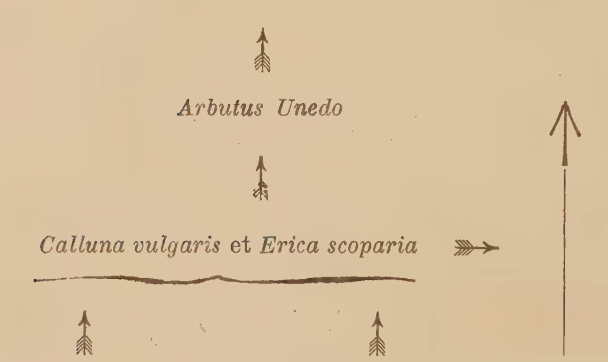
---

(1) Le long de la laie sommière au devez du Chapelas où les trouées sont envahies par *Coronilla Emerus* (voir Taillis humide) ; aux coupes I et II de la série d'étude où les éclaircies pour l'introduction d'essences sont marquées par une recrudescence de bruyère.

Nous allons voir l'importance dynamique de ces mêmes espèces de remplissage qui s'opposent à l'extension des essences précieuses.

Mécanisme de fermeture des trouées. — Lorsqu'une trouée est faite, elle est recolonisée par un certain nombre de pionniers qui agissent simultanément ou successivement et qui forment la phase initiale de la série progressive de recolonisation. Cette phase est liée à une dénudation préalable plus ou moins accentuée ; elle comprend un ensemble de stades qui peuvent être schématisés de la façon suivante (tableau B).

TABLEAU B.



Stade du Corynephorus canescens. — En général, lorsque les sables siliceux sont mis à nu ce sont les Bruyères et la Callune qui colonisent. Mais s'ils sont sur un point particulièrement érodé ou exposé au Mistral, le meilleur colonisateur est *Corynephorus canescens.* En dehors du périmètre de la forêt domaniale on trouvera un *Corynephoretum* assez bien développé, mais toujours fragmentaire, sur les sables albiens profondément entaillés par le ruissellement (par ex. : route de Valbonne

à Pont-Saint-Esprit). A l'intérieur du périmètre ce stade est heureusement exceptionnel : nous n'en connaissons qu'un exemple, à peine ébauché d'ailleurs, près du sentier qui rejoint la ligne de coupe 4-5 (Croix de Sablé) à la ferme abandonnée (Salazac). Il convient cependant de le signaler, car c'est un avertissement sérieux des possibilités de dénudation des sables albiens qu'il faut à tout prix recouvrir sur les points vulnérables : croupes, têtes de ravin, pentes exposées au Mistral. *Corynephorus canescens* marque, avant la complète dénudation, la régression la plus accentuée (tableau C).

Tableau C

Sables à *Corynephorus canescens*

Calluna vulgaris	2	*Corynephorus canescens*	1.2
Erica cinerea	1.2	*Helianthemum guttatum*	1.2
Erica arborea	+	*Sedum altissimum*	+
Cistus salvifolius	1	*Stachys recta*	+
Sarothamnus scoparius	+	*Carex Halleriana*	+

Quercus pubescens +
— *Ilex* +
— *sessiliflora* +
Fagus silvatica (une cépée 90 ans)

Ce peuplement très fragmentaire est au voisinage d'une tête de ravin exposée au vent de N.-W.

Quercus sessiliflora et *Fagus silvatica* indiquent ce voisinage : mais le mort-bois est toujours formé d'espèces sociales héliophiles et le tapis herbacé, très discontinu, indique, avec *Corynephorus*, un appauvrissement sensible des qualités forestières du sol.

La présence du Hêtre à l'état de cépée très âgée, sur cette pente sèche suggère une hypothèse. Quand on regarde un plan ancien de la forêt, on s'aperçoit que ce point élevé (col) de la Croix de Sablé a été de tout temps un carrefour d'où partaient les 4 chemins de Cabaresse, font de Bachas, ferme de Salazac et Chartreuse. Ils ont même été déplacés et forment, anciens et nouveaux, un large empâtement où se trouve la cépée de Hêtre.

Il est probable que ce Hêtre, de mauvaise tenue, mourant peut-être en cime, a été récépé, il y au moins 90 ans, et qu'il y a eu un sérieux dégagement de ce carrefour. La dénudation qui en est résulté a incité les forestiers à planter le Pin maritime qui est demeuré très clair. La plaie mal fermée a évolué en régression jusqu'au stade à *Corynephorus*.

Stade du Sarothamnus Scoparius. — Cette espèce comble quelques vides et se trouve encore incorporée çà et là au taillis. Sociale, colonisatrice rapide et massive, elle disparaît vite sous le couvert. Sa présence en taches ou en individus isolés, mais vigoureux, dans un taillis, prouve que le massif a régressé. Une coupe à blanc des Pins maritimes introduits, entraînerait son extension (voir tableau C). Elle fait partie du cycle du Pin silvestre, dans le Massif Central, par exemple (Velay, Forez, Livradois, etc...), et disparaît avec la futaie pleine (Sapinières, Hétraies). Le taillis permet son maintien. A la Croix de Sablé, à Cabaresse, dans quelques parties de Sagné, on la rencontre le long des lignes de coupe, prête à jeter ses semences après les coupes trop claires.

Peu longévive, elle est facile à faire disparaître. Sa persistance dans le taillis indique un couvert insuffisant.

Stade du Calluna vulgaris et de l'Erica scoparia. — La Callune s'installe dans les lignes de coupe, au bord des chemins. Quelques compagnes habituelles se retrouvent çà et là : *Genista pilosa* (Cabaresse, Sablé), *Succisa pratensis* (Sagné)... mais la place manque à Valbonne pour que l'association à *Calluna* et *Genista* se réalise.

Cette *bruyère courte,* favorable ailleurs à la protection des jeunes brins de semence (pour le Pin silvestre en particulier) n'a d'autre intérêt ici que de couvrir rapidement le sol (Lignes de coupe 25-26 et 28-29).

Sur les arènes très meubles, elle comble des clairières ; mais elle est rarement seule à remplir ce rôle à Valbonne. *Erica scoparia* l'accompagne un certain temps, puis entrave son extension et la fait étioler. La Callune s'effile alors, cherchant la lumière, et il en résulte un ensemble érigé qui constitue la *Bruyère haute.*

Le rôle de la Callune est ainsi très subordonné à celui de la Bruyère qui, plus que tout autre pionnier, bouche les trouées et régularise le taillis.

Le type le plus fréquent de ce groupement transitoire est réalisé par :

TABLEAU D

Erica scoparia	4.5
Calluna vulgaris	2.3
Cistus salvifolius	+1
Dicranum scoparium	+
Cladonia endiviæ folia	1.2
Cladonia rangiformis	+
Teucrium Scorodonia	0+

C'est le stade le moins évolué. On trouvera à Montalivet, à l'angle N. E. du chemin et de la ligne de coupe 14-15, une trouée très instructive, et plus riche en espèces :

TABLEAU E

Erica scoparia	4
Calluna vulgaris	1.2
Cistus salvifolius	+ 1
Erica arborea	+
Arbutus Unedo jeune	+
Phillyrea media	+
Ligustrum vulgare	+
Clematis Flammula	+
Ruscus aculeatus	+
Teucrium Scorodonia	+
Teucrium Chamoedrys	+
Leuzea conifera	+
Carex humilis	+
Dicranum scoparium	+
Cladonia div.	1.2

La Callune commence à disparaître ; elle se maintient en lisière. Les héliophiles du taillis sont déjà là, et il faut noter la présence de l'*Arbutus* encore jeune, avec *Phillyrea media*, *Ligustrum vulgare* et la liane habituelle *Clematis Flammula* ; en sous étage *Teucrium Scorodonia* n'a pas encore disparu, mais le *T. Chamoedrys*, constante du taillis, est en place.

Il n'y a aucun Chêne, aucun Erable. La trouée est fermée, mais à l'aide du mort-bois. Cet exemple nous montre comment, dans un taillis *continu*, on peut reconnaître une dégradation déjà ancienne.

Stade de l'Arbutus Unedo. — Nous venons d'en voir l'amorce à Montalivet (Tableau E).

Dans le canton de la Plaine d'Acquié, non loin de la ligne de coupe 9-10, il s'était créé des vides importants. Un essai de reboisement en 1912 (Cèdres) indique les anciens vides, actuellement méconnaissables, car en une quinzaine d'années ils ont été colonisés, entre les Pins silvestres encore mal élagués, par un fourré d'Arbousiers et de Cistes à feuille de Sauge.

Il existe très fréquemment des petits bouquets ou l'*Arbutus Unedo* domine avec des espèces plus tardives.

Tableau F

Arbutus Unedo	2	*Sorbus Torminalis*	+1
Ligustrum vulgare	2-3	*Pistacia Terebinthus*	0+
Phillyrea media	+	*Acer campestre*	0+
Viburnum Lantana	+1	*Erica scoparia* <	0+
Erica arborea	+1		

Erica scoparia a souvent disparu. *Erica arborea* reste incorporée bien plus longtemps au taillis, et nous devons formuler sur elle les mêmes observations que pour le *Sarothamnus* : son maintien est un indice de régression. Elle ne peut disparaître qu'avec l'action prolongée du couvert ; elle est plus longue à s'étioler que *Sarothamnus*.

La dominance de l'Arbousier, qui se maintient malheureusement en raison de son aptitude à rejeter de souche et de sa longévité, est plus grave encore. Il occupe beaucoup de place à Valbonne par le nombre et le volume des Cépées. Héliophile, à

feuillage persistant, son abondance est visible surtout en hiver et l'on est alors frappé de son étendue ; il est partout (sporadique ou en peuplements), dans les quartiers siliceux de Valbonne. Seul un couvert dense et permanent peut le faire disparaître.

La richesse des taillis en *Arbutus Unedo* est un caractère très méditerranéen. Sa dominance à Valbonne nous paraît être le meilleur indice de la régression en masse de la forêt. Le forestier nomme le taillis de Valbonne *Taillis à Chêne blanc et Chêne vert,* le phytosociologue conclut à un *taillis à Erica scoparia et Arbutus Unedo.* Cette conclusion ne vaut d'ailleurs pas seulement pour Valbonne, elle doit être généralisée à bien des basses montagnes languedociennes où les deux espèces constituent ensemble ou séparément, un type de taillis méditerranéen héliophile et dont la xérophilie est atténuée par la présence de la silice.

Voici, par exemple, à titre de comparaison, le relevé d'un taillis très analogue à celui de Valbonne, pris entre Montarnaud et la Boissière (Hérault).

TAILLIS SUR SILICO-CALCAIRE
ENTRE MONTARNAUD ET LA BOISSIÈRE (HÉRAULT)

Quercus pubescens	2	*Rubus ulmifolius*	0 +
Quercus Ilex	1.2	*Rubus tomentosus*	0 +
Arbutus Unedo	+	*Calluna vulgaris*	+
Erica scorparia	+ 2	*Pteridium aquilinum*	+
		Polygala vulgaris	+
Cistus monspeliensis	1.4	*Teucrium Chamædrys*	+ 1
[*Pirus amygdaliformis* (1)	0 +]	*Poterium Sanguisorba*	+
Sorbus Torminalis	+	*Orobus macrorrhizus*	+
Phillyrea angustifolia	+	*Betonica officinalis*	0 +
Phillyrea media	0 +	*Peucedanum Cervaria*	+
Quercus coccifera	0 +	*Spiraea Filipendula*	+
		Festuca spadicea	0 +
Clematis Flammula	+	*Cytinus Hypocistis*	0 +
Lonicera implexa	+	*Platanthera bifolia*	+
Rubia peregrina	+		

(1) La présence de ce *Pirus* indique que ce relevé a été pris au voisinage d'une tête de ravin ou s'éteint l'*Association à Paliurus australis et Pirus amygdaliformis.* Cette association, assez hétérogène d'ailleurs, jalonne sous la forme d'un « *taillis-galerie méditerranéen* » les cours d'eaux temporaires et les pentes à circulation d'eau souterraine (Ex. : Ravin des Arcs dans l'Hérault).

auquel ensemble s'ajoutent, comme reliques en régression des stades antérieurs :

Cistus salvifolius	< +	*Prunus spinosa*	< 0 +
Lavandula Stœchas	< + 1	*Dorycnium suffrut.*	< +
Bupleurum rigidum	< 0 +	*Aphyllanthes monsp.*	< +
Euphorbia nicæensis	< +	*Brachypodium pinnatum*	< 0 +
Asphodelus cerasifer	< + 1	*Carex Halleriana*	< 0 +
Centaurea pectinata	< 0 +	*Phalangium Liliago*	< 0 +
Bonjeania hirsuta	< 0 +		

Stade du Pinus silvestris. — Le Pin silvestre est essentiellement un pionnier. Il s'installe sur les terres nues et meubles. Aussi le trouve-t-on, en fourré étendu, sur des cultures abandonnées depuis peu où la friche herbeuse n'a pas encore pris pied. Un exemple très net de cette installation avant la friche se trouve à la ferme abandonnée de Salazac (Ouest du carrefour de la Croix de Sablé) (Tableau G).

Tableau G.

Pinus silvestris	4-5	fourré
Juniperus communis	+	
Viburnum Lantana	+1	
Cornus sanguinea	+	
Clematis Flammula	+	

Dans les vides du fourré :

Genista scorpius	1
Dorycnium suffruticosum	2
Thymus vulgaris	+
Lavandula latifolia	+
Bonjeania hirsuta	+
Scabiosa columbaria	+
Brachypodium phoenicoïdes (taches)	1-2

On voit que le Pin silvestre a colonisé dès l'abandon de la terre ; car la friche qui se serait installée aurait été à base de Brachypode, c'est-à-dire prohibitive de la levée des semis de

Pin. Nous verrons par la suite que les Graminées étouffées dans le fourré reprendront le dessus et formeront un tapis continu au fur et à mesure que l'élagage se produira et que le fût montera. Le tapis herbacé sous les peuplements équiennes de Pin silvestre est très général à Valbonne : il ne lui est pas spécial, mais nous en voyons ici la genèse.

A l'intérieur du massif, le Pin silvestre peut coloniser directement les sables dénudés. On rencontre des germinations dans les trouées et c'est ce qui explique (en dehors des plantations possibles) la répartition sporadique de ce Pin dans certains quartiers (Cabaresse, Croix de Sablé surtout).

On trouve très rarement des semis à l'intérieur du taillis compact ou sur les pelouses herbeuses. Nulle part à Valbonne, le Pin silvestre n'est définitif ; il y trouve toujours son maître soit par le mort-bois, soit par la strate à Brachypode (Saut de Mulet), soit enfin et surtout par le sous-étage de Chênes qui se substitue progressivement à lui.

Le pâturage le maintient ou l'étend : c'est en dehors du périmètre en défense que le Pin silvestre domine (phot.).

Si dans la garrigue à sol compact, calcaire ou argileux, le mouton fait apparaître une pelouse sèche (*Brachypodium ramosum*) c'est surtout par ses dents. Sur les sables de Valbonne, le piétinement favorise la germination des Pins aux dépens du mort-bois brouté. Si le Pin silvestre de Valbonne était de race noble, c'est-à-dire élancé et muni d'un beau fût, le mouton ne serait donc pas l'ennemi de la forêt, car il contribuerait, à bon marché, à la régénérer. Mais, pas plus que sur les Causses, les Pins silvestres de Valbonne ne donnent de beaux sujets et leur meilleur rôle est de couvrir le sol.

Encore faut-il bien s'entendre sur la qualité de cette couverture. On rencontre sur les parties hautes et sèches, même sur silice (mais plus rarement que sur calcaire), des bouquets de P. silvestre suffisamment anciens pour avoir exercé leur influence sur le tapis végétal. Que voit-on sous ces futaies ? Un tapis herbacé continu à *Brachypodium pinnatum* et parfois *B. silvaticum*. C'est là un appareil de longue durée empêchant la graine légère du Pin de toucher le sol. Le gland, plus lourd, et de radicule vigoureuse, peut donner des germinations très éparses. Si une coupe à blanc passe par là, le Pin est définitivement éliminé et

le Chêne lui succède en un peuplement très clair. Les exemples ne manquent pas, particulièrement au Saut de Mulet.

Ainsi la forêt s'ouvre progressivement parce qu'aux peuplements de P. silvestre succède un taillis clair dont les vides sont garnis d'une pelouse herbeuse ; celle-ci s'enrichit peu à peu en espèces xérophiles que le Chêne blanc est impuissant à faire disparaître.

En forêt méditerranéenne le Pin silvestre a deux défauts essentiels : il entrave indirectement la régénération en favorisant l'extension de la pelouse sèche et il n'est pas de race noble. Sa principale qualité est de coloniser les sols dénudés, mais il indique alors une dégradation extrême qu'il vaut mieux prévenir. Il suffit de se rendre à Cabaresse et de regarder vers l'Ouest, par dessus la Combe, les pentes de Salazac (hors du périmètre), pour se rendre compte de la régression du taillis vers le Pin silvestre. (Phot.)

Le stade du Pin silvestre peut donc être maintenu artificiellement, car il est d'origine anthropozoogène. Dans une évolution naturelle, il reprendrait son caractère transitoire et céderait la place au Chêne : de tous les feuillus c'est le Chêne vert qui l'élimine le plus sûrement, comme il élimine le Pin d'Alep. A la Combe de Canet (coupe 21), on rencontre sur sables Albiens des Pins silvestres en futaie, réservés à l'exploitation (soit 45 ans d'âge en 1929 pour une révolution de 30 ans). Sous le bouquet, on voit quelques germinations de Chêne pubescent et de Sessiliflore. L'ensemble du mort-bois est étiolé ; les bruyères effilées sont déjà mortes ; le Lierre forme un tapis continu (station humide sur la rive droite). Or, le sous-étage est constitué par l'Yeuse en perches élancées. La substitution des essences est en marche.

Envisagé ainsi, hors de l'action de l'homme ou du mouton, le Pin silvestre se réhabilite à Valbonne : il a un rôle temporaire à remplir dans la fermeture des trouées.

b.) **Variations topographiques**

Les sables et grès mal agrégés ont été taillés profondément par les eaux ; il en est résulté des Combes. Les parties élargies des ravins sont mouillées en permanence comme l'indique le

Carex pendula et les réussites de plantation du *Taxodium distachyum* (Cyprès chauve). Les beaux sujets de Hêtre sont localisés dans les Combes. L'un des principaux attraits de Valbonne est la présence du Hêtre à une altitude très basse (entre 100 et 200 m) et l'on a coutume de considérer le fait comme paradoxal dans une région où les influences méditerranéennes sont si marquées. En réalité ce n'est pas là que réside l'intérêt de Valbonne, qui héberge avant tout une forêt de feuillus méditerranéens. Le Hêtre est à sa place dans les combes étroites ouvertes au Nord-Est comme sous les hautes falaises de la Sainte-Baume, en Provence. De plus il n'a qu'une influence très localisée sur l'ensemble du taillis, principal objet de la présente étude. Cette influence est en tous points comparable à celle du Chêne sessiliflore (Rouvre), beaucoup plus répandu.

Dans la Grande Combe de la Chartreuse, le Rouvre est en auréole autour des bouquets de Hêtres. Moins hygrophile que ce dernier, il s'étend plus largement sur les pentes et on le retrouve dans la combe plus méridionale de Canet dépourvue de Hêtre Sur toutes les pentes humides et en particulier sur les grès il forme des taches ou se mêle çà et là au massif (Sagné, Montalivet). Les calcaires de la Plaine d'Acquié l'excluent.

Le Hêtre et le Rouvre indiquent des stations humides, plus fraîches en été ; on trouvera au tableau H la composition floristique du taillis frais.

Les relevés du tableau H ont été pris :

1. Canton de Font des Dames, ligne de coupe III-IV. Taillis en fin de révolution sous les Hêtres du ravin.

2. Coupe N° II, pentes hors de la Hétraie, haut taillis de Rouvre dominant.

3. Même coupe — haut taillis de Chêne blanc et chêne vert — fin de révolution 30 ans.

4. Coupe N° 1. Coupe de nettoiement en 1928 (rejets d'un an).

5. Canton de Sagné. Ligne de coupe 28-29 non loin du chemin de Sagné.

6. Canton de Montilavet. Station du *Q. sessiliflora* (un hectare) en haut perchis de 34 ans, issu du taillis.

7. Canton de la Tête de Canet, coupe 26. Taillis sous futaie dans le ravin et sur les pentes.

8. Tête de ravin à Montalivet. Chêne vert réservé, 9 m. de diamètre pour la cime ; 120 ans env. Relevé sous la cime.

Malgré la variété des conditions (Hêtre, haut taillis, haut perchis, Chêne vert, etc...) la composition du taillis est très sensiblement la même et le *noyau* du groupement est comme l'indique le tableau H, différent de celui du taillis à *Erica scoparia* et *Arbutus Unedo*.

Le taillis à *Coronilla Emerus* et *Rhamnus Frangula* se distingue du taillis à *Ericacées* par les caractères suivants.

a) La proportion du mort-bois par rapport aux essences de valeur est plus faible que dans le taillis des stations plus sèches. Il est beaucoup moins compact : on circule facilement parce que les espèces sont moins massives, moins ligneuses : le taillis est flexible. Les Lianes sont également souples car les Clématites dominent : *Clematis Vitalba* prend des proportions considérables dans les ravins. *Smilax aspera* y prend sa forme hygrophile à larges feuilles (qui est sans doute sa forme optimale).

b) Les espèces les plus fréquentes ne sont plus héliophiles strictes ; elles s'accommodent du couvert de perchis ou de haut taillis. Cependant *Coronilla Emerus* tend à combler les vides et se comporte dans les stations les plus fraîches comme une espèce sociale colonisatrice (1). Elle se maintient longtemps sous un couvert léger.

c) Les espèces à *feuilles caduques* forment la presque totalité du taillis. Le Houx est très épars.

d) Le mort-bois rejette de souche et nous retrouvons là l'empreinte du mode d'exploitation.

e) Mais les rejets ne donnent pas les larges cépées du taillis héliophile et sous le mort bois plus léger, la strate inférieure est beaucoup plus riche. Le Lierre forme un tapis continu d'où

(1) Coupes II et III de la série d'études, Laie sommière Chapelas-Sarraier, bas-fonds de Sagné, etc...

Tableau H. — Taillis a Coronilla Emerus et Rhamnus Frangula

Réserves de la Strate arborescente (haut-taillis et Perchis).

Quercus sessiliflora	1-3	*Fagus silvatica*	0-3
Quercus Ilex	+2	*Tilia platyphylla*	0+
Quercus pubescens	+2	*Tilia parvifolia*	0+
Acer campestre	+	*Ulmus campestris*	0+

Mort-bois.

Coronilla Emerus	+3	*Sorbus domesticus*	+
Rhamnus Frangula	+2	*Crataegus monogyna*	+
Cornus sanguinea	+2	*Lonicera periclymenum*	0+
Ligustrum vulgare	+2	*Acer monspessulanum*	0+
Sorbus Torminalis	+1	*Cytisus sessilifolius*	0+
Viburnum Lantana	+1	*Sorbus Aria*	0+
Cerasus Avium	+	*Juniperus oxycedrus*	0+

Clematis Vitalba	+1
Clematis Flammula	+
Smilax aspera	0+
Rubia peregrina	0+
Lonicera div.	0+

Strate inférieure

Hedera Helix	3-5	*Orobus vernus*	+
Mercurialis perennis	+5	*Pulmonaria longifolia*	+
Ruscus aculeatus	+3	*Betonica officinalis*	+
Daphne Laureola	+	*Fragaria vesca*	+
Helleborus foetidus	+	*Sanicula europæa*	02
Euphorbia amydaloides	+	*Polygonatum officinale*	01

Brachypodium pinnatum	+2
Brachypodium silvaticum	+
Melica uniflora	+
Festuca heterophylla (1)	+
germinations de :	
Quercus sessiliflora	+2
Quercus pubescens	+
Quercus Ilex (et drageons)	+

(1) Plus rares : *Orobus niger*, *O. macrorrhizus*, *Viola silvatica*, *V. scotophylla*-*Veronica Chamoedrys*, *Melittis Melissophyllum*, *Arum italicum*, *Calamintha officinalis*, *Leucanthemum corymbosum*, *Peucedanum Oreoselinum*, *Pimpinella Tragium*, *Trifolium medium*, *Luzula campestris*.

émergent des brins de semence de chênes à feuilles caduques (le *sessiliflora*), des brins et des drageons de Chêne vert. Les graminées sociales sont étouffées par le Lierre ; le *Brachypodium pinnatum* forme encore quelques taches qui reprennent de la vitalité à la coupe à blanc (comme cela est visible dans la parcelle I). La série d'étude dans laquelle un couvert plus élevé et plus dense est maintenu, l'élimine au profit du Lierre. Quant aux autres graminées (*Brachypodium silvaticum*, *Melica uniflora* et la haute *Festuca heterophylla*) elles sont en trop petite quantité pour jouer un rôle dynamique.

Le taillis flexible à feuilles caduques, le tapis continu de Lierre et l'insolation réduite créent une ambiance plus favorable à la régénération. Les caractères méditerranéens disparaissent localement : Le spectre biologique s'enrichit en espèces à assimilation estivale dans le taillis et en hémicryptophytes dans la strate inférieure.

Tels sont les caractères généraux du taillis à *Coronilla Emerus* et *Rhamnus Frangula*. Pris dans les conditions extrêmes, les relevés indiquent une flore qui s'oppose à celle du taillis à *Ericacées*. Mais il ne faut pas perdre de vue que ce dernier est de beaucoup le plus étendu à Valbonne et qu'*il progresserait même dans les stations fraîches si la coupe à blanc y devenait la règle.* Cela est d'importance pratique indiscutable et mérite d'être étayé par des observations précises. On peut le vérifier dans la série d'étude en s'éloignant progressivement des ravins vers les stations plus sèches :

Le taillis type à *Coronilla* (tableau H) sera observé aux abords immédiats d'un ravin à Hêtre, sous les Chênes sessiliflores dominants, par exemple dans la Coupe III au sud de la Chapelle St-Jean. On passera ensuite dans la coupe II où l'on trouvera un peuplement étendu de Chêne pubescent, peu éloigné des ravins. C'est encore le taillis type du tableau H, mais avec un mort-bois plus dense où dominent :

Ligustrum vulgare	2-3
Coronilla Emerus	1-2
Cornus sanguina	1-2

Les coefficients de présence sont plus élevés. *Coronilla Emerus* obture les sentiers et *Lithospermun purpureó-coeruleum* abonde aux lisières.

Continuant la progression dans la Coupe I, sous un peuplement très mélangé de Chênes pubescents et verts, on verra apparaître les *Erica* soit dans la coupe à blanc, soit dans les éclaircies pratiquées pour l'introduction de Sapins méditerranéens. Dans tout ce parcours on trouvera, en les recherchant attentivement, des pieds de Bruyère dont les souches tenâces rejetteront au premier dégagement. A Montalivet, dans le peuplement (1 ha env.) de Rouvre, nous avons relevé *Arbutus Unedo* (+) et *Erica arborea* (+) étiolés. D'une façon générale, la topographie a une très faible répercussion sur la végétation du taillis à Valbonne. En dehors des thalwegs très encaissés où le taillis humide s'enrichit de peuplements denses de *Corylus Avellana* (Coudrier) les pentes sont faibles et l'Association à *Coronilla Emerus* et *Rhamnus Frangula* s'étend très peu des bas-fonds vers le taillis héliophile. Au contraire ce dernier a une tendance très marquée à gagner toute l'étendue de la forêt dont il occupe déjà la plus grande partie. Seul le maintien du couvert peut enrayer ces progrès : la série d'étude évoluant vers le haut perchis est déjà très instructive à cet égard.

c) Variations édaphiques

Le périmètre de la forêt domaniale a inclus surtout des terrains siliceux. Mais l'étude géologique nous a mis en présence de terrains de surface riches en calcaire. Il en est résulté pratiquement des sols répondant à deux types susceptibles de répercussion sur la végétation :

1. Sols silico-calcaires (sols squelettiques, du Cénomanien silicocalcaire, sols pâles affleurant à éléments grossiers).
2. Sols calcaires.

1. Sols silico-calcaires

Il existe sur ces sols et sur les marnes qui s'y rattachent dans tout le Midi de la France, une série végétale dont les stades les plus évidents sont marqués par le *Spartium junceum* et le

Quercus pubescens. L'Aphyllanthes monspeliensis, moins apparent lorsqu'il n'émaille pas le sol de ses fleurs bleues, est un excellent colonisateur des anciennes cultures en terrasse sur ces mêmes sols; il abonde dans les taillis clairs de Chêne pubescent.

a) *Stade de l'Aphyllanthes.* — Très peu développé à Valbonne, il faut le chercher près du périmètre ou hors du périmètre dans les cantons Nord (Salazac, Cabaresse, Bachas, Pégaire) ou Est (Saut de Mulet).

Un exemple intéressant pour l'avenir des terres abandonnées et mettant en évidence leur vocation forestière se trouve au *Mas Pradou*. Les cultures en terrasses abandonnées depuis la guerre ont donné une friche dont on retrouve encore les vestiges avec: *Hypericum perforatum*, *Picris hieracioides*, *Brachypodium phoenicoïdes* (en régression); *Psoralea bituminosa*, *Avena bromoides*, *Dactylis glomerata*, *Scabiosa columbaria*, *Poterium Sanguisorba*, *Hieracium Pilosella. L'Aphyllanthes* est maintenant dominant; un groupement relativement homogène se substitue à la friche:

Tableau I

Aphyllantes monspeliensis	3-4	*Globularia vulgaris*	+
Bonjeania hirsuta	+1	*Linum tenuifolium*	+
Carex humilis	+1	*Viola hirta*	+
Campanula glomerata	+	*Thymus vulgaris*	+
Thesium divaricatum	+	*Lavandula latifolia*	+
Fumana Spachii	+	*Staehelina dubia*	+
Ononis minutissima	+	*Cistus albidus*	+

On voit là une terrasse en pleine évolution; le stade à *Aphyllanthes* est déjà compromis par des arbustes et surtout par:

Juniperus communis (très jeune)	+
Pinus silvestris (jeune)	Tache
Quercus pubescens (jeunes brins)	+
Quercus Ilex (jeunes brins)	+

Le Pin sylvestre forme une tache contemporaine de la friche, très vraisemblablement; il est nettement plus âgé que les très jeunes brins de Chêne et *l'Aphyllanthes*, en pelouse presque

continue, est défavorable à sa régénération. Les Chênes s'installent de très bonne heure. Le fait est banal pour le Chêne pubescent qui est souvent un colonisateur direct des terres marneuses avec le *Spartium*.

L'évolution d'un tel groupement n'est pas douteuse : c'est la chênaie à laquelle beaucoup d'espèces déjà présentes demeureront incorporées si elle est exploitée en taillis. Voici en effet le relevé d'un stade plus évolué (Territoire de Salazac, hors du périmètre, au nord de la tranchée couverte et à l'est de la coupe 6 de la Croix de Sablé).

Tableau J

Quercus pubescens	2.3	taillis clair.
Quercus Ilex	1.2	
Viburnum Lantana	+	
Cornus sanguinea	+	
Amelanchier vulgaris	+	
Genista scorpius	+	
Aphyllanthes monsp.	3	
Brachypodium pinnatum	1.2	
Bupleurum rigidum	+ 1	
Carex Halleriana	+ 1	
Thymus vulgaris	+ 1	
Carex humilis	+	
Bonjeania hirsuta	+	
Scabiosa columbaria	+	
Poterium Sanguisorba	+	
Cephalaria leucantha	+	
Ophrys lutea	+	
Sedum altissimum	+	

C'est un taillis fort peu évolué. Il n'est pas soumis au régime forestier et tous les abus y sont faits : c'est plus une Aphyllanthaie qu'une Chênaie. Dans les endroits où les Chênes sont plus jointifs, l'Aphyllanthe de Montpellier regresse au profit du *Brachypodium pinnatum*.

Parmi les abus qui sévissent dans ces taillis clairs (et c'est là une différence essentielle avec le taillis-fourré des sols siliceux), il faut souligner l'incendie. Dans une végétation aussi aérée, la flamme entretenue par un tapis xérophile se propage facilement. Les pyrophytes prennent de l'extension, et indiquent alors, eux aussi, une régression. Car parmi eux figurent au premier rang toutes les espèces susceptibles de rejeter de souche, c'est-à-dire précisément le mort-bois lié au mode d'exploitation en taillis. L'incendie agit sur lui comme une coupe rase ; sur les strates inférieures la transformation est profonde en raison du grand développement que peuvent prendre certaines Graminées nuisibles et en particulier le *Brachypodium pinnatum*.

Un exemple très net de ce faciès pyrophytique se trouve à la tête du ravin de Saint-Laurent (angle N-E de la parcelle 11 du Saut-du-Mulet). Comme de coutume, la flamme a sévi près du périmètre, sur un sol sec, dans un taillis clair de Chêne pubescent et Chêne vert. L'incendie a eu lieu en 1923 (tableau K).

TABLEAU K

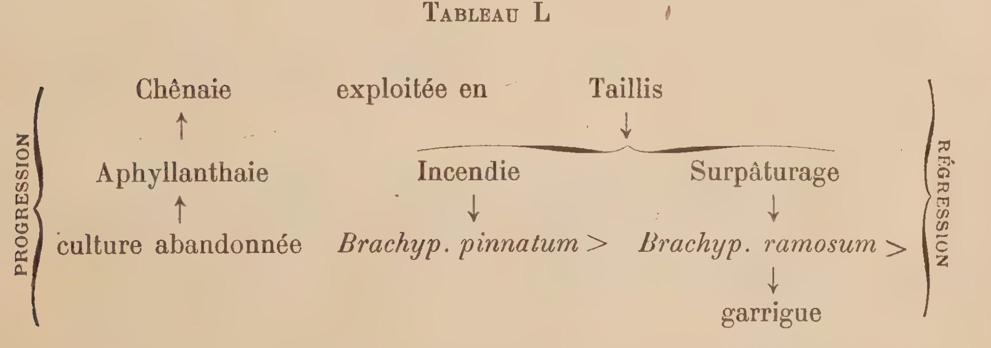
Taillis		Tapis	
Quercus pubescens	2	*Brachypodium pinnatum*	1.2
Quercus Ilex	1.2	*Bonjeania hirsuta*	+ 2
Sorbus Torminalis	+	*Carex humilis*	+ 1
Viburnum Lantana	+	*Bupleurum rigidum*	+
Cornus sanguinea	+	*Teucrium Chamædrys*	+
Ligustrum vulgare	0 +	*Helleborus fœtidus*	+
Cratægus monogyna	0 +	*Campanula glomerata*	+
Phillyrea media	0 +	*Asperula Cynanchica*	+
Arbutus Unedo	0 +	*Dactylis glomerata*	+
Buxus sempervirens	0.2		
Euphorbia Characias	0 +		
Ruscus aculeatus	0 +		
Clematis Flammula	+		
Lonicera implexa	+		
Asparagus acutifolius	+		
Rubia peregrina	+		
Rubus tomentosus	+		

C'est le taillis héliophile épuré des silicicoles. Les *Ericacées* sont remplacées par le Buis.

Les Pyrophytes se trouvent parmi les lianes (*Rubus tomentosus*) et la strate inférieure, dominée par *Brachypodium pinnatum* et *Bonjeania hirsuta*. L'incendie n'a pas eu d'action sur le taillis dont les souches rejettent, mais le tapis herbacé est maintenant une pelouse sèche où la régénération est compromise.

Aphyllanthes monspeliensis a disparu. On le retrouve hors du territoire incendié, dans le taillis et dans une terre abandonnée non boisée du territoire de Saint-Laurent-de-Carnols où le surpâturage a fait apparaître la pelouse encore plus dégradée à *Brachypodium ramosum*, armée de *Genista Scorpius* et *Cistus albidus* : la garrigue est déjà limitrophe de la forêt domaniale incendiée.

Tableau L



La régression sur marne est plus rapide que sur silice : à la série progressive partant de l'*Aphyllanthaie* sur culture, a succédé une série régressive aboutissant à la garrigue (tableau L).

b) *Stade du Spartium junceum*. — En général, ce haut Genêt est en lisière des bouquets de Chêne pubescent, bordant les champs qu'il est prêt à envahir par voie centripète, si on les abandonne. Dans le périmètre, il se maintient à ces lisières aux alentours immédiats de la maison forestière. On ne le trouve pas incorporé au massif domanial, mais il s'y installerait si des imprudences étaient commises. En effet, on le rencontre étroi-

tement mêlé au Chêne Blanc, dans un tènement « particulier », rétrocédé par l'administration en 1866, sur les marnes turoniennes de Cabaresse (à l'ouest du périmètre, non loin de la ligne de coupe 2-3). Depuis sa rétrocession, le taillis mal traité s'est ouvert. Le sol marneux mis à découvert par petites places fréquentes a été recolonisé par *Spartium junceum* qui joue sur les marnes le rôle du *Sarothamnus scoparius*.

Sur marne comme sur silice, mais par des espèces constituant une série différente avec des stades homologues, le taillis dégradé se recomble. Le taillis à *Spartium junceum* n'existe pratiquement pas dans la forêt domaniale, mais il y serait possible sur les marnes turoniennes.

c) *Stade du Genista scorpius*. — Les phénomènes de comblement si développés à Valbonne ont provoqué des mélanges parfois intimes de sables siliceux et d'éléments plus grossiers des calcaires supérieurs (Lacustre par ex.) ; ailleurs, ce sont de simples éboulis de surface sur les pentes siliceuses (Sagné, Pradas, Plaine d'Acquié, etc. .). La meilleure indicatrice des sols remaniés calcaires à Valbonne est le *Genista Scorpius*.

Dépôts de surface. — C'est au devez du Chapelas qu'ils sont le mieux marqués. Près du chemin qui rejoint la maison forestière au Chapelas, on verra, non loin du bouquet d'*Epicea* un Châtaignier au milieu d'une végétation très calcicole où dominent *Cistus albidus* et *Genista scorpius*. La tranchée du chemin à cet endroit est creusée dans les sables rouges siliceux. Mais sur les pentes, le calcaire lacustre s'est éboulé et a formé autour du Châtaignier un revêtement à peine perceptible en coupe, parfaitement suffisant cependant pour éliminer les germinations des silicicoles (Le Châtaignier a été *planté*, dans la silice.)

Cette observation donne la clef de toute la végétation mélangée que l'on trouve aux abords des calottes lacustres et qui modifient de façon très variable la composition du taillis à *Ericacées*.

Le mélange le plus complet se trouve au Mas Pradou avec :

Calluna vulgaris, *Thymus vulgaris*, *Lavandula latifolia*, *Fumana spachii*, *Carex humilis*, *Avena bromoides*, *Andropogon Ischoemum*, *Aphyllantes monspeliensis*, *Dianthus longicaulis*,

Erica scoparia (2-3), *Genista scorpius* (1-2) *Dorycnium suffruticosum*, *Cistus salvifolius*. C'est une terre abandonnée depuis la guerre.

Dans le taillis, des mélanges analogues quoique moins visibles sont réalisés. Le meilleur exemple sera observé au canton de Sarraier coupe 11 de la série B, entre la laie sommière Est-Ouest et le chemin de Sarraier. La coupe a été faite en 1913, et la végétation est à l'état de fourré sur un sol profond siliceux à revêtement calcaire :

Quercus pubescens, *Q. Ilex*, *Sorbus Torminalis*, *Arbutus Unedo*, *Ligustrum vulgare*, *Amelanchier vulgaris*, *Cornus sanguinea*, *Viburnum Lantana*, *Pistacia Terebinthus*, *Phillyrea media*, *Erica scoparia*, *Erica arborea*, *Cistus salvifolius*, *Genista scorpius*, *Cistus albidus*, *Dorycnium suffruticosum*, *Buxus sempervirens*, *Ruscus aculeatus*, *Thymus vulgaris*, *Euphorbia Characias*, *Helleborus foetidus*, *Teucrium Chamaedrys*, *Clematis Flammula*, *Smilax aspera*, *Lonicera implexa*, *Rubia peregrina*, *Rubus sp.*, *Brachypodium pinnatum* (taches), *Carex humilis*, *C. Halleriana*.

Le fourré est impénétrable ; on ne trouve nulle part, ailleurs, une richesse pareille en espèces ; car le noyau fondamental du taillis à Ericacées s'y trouve accru de plusieurs calcicoles.

L'intérêt d'un tel peuplement ne réside évidemment pas dans la coexistence de calcicoles et de silicicoles sur un terrain donné : le fait est banal ; mais il a une portée pratique sur laquelle il n'est pas superflu d'insister : la protection du sol est maxima. Nulle part, à Valbonne, on ne trouve une couverture semblable. Malheureusement le taillis mixte ainsi constitué est encore plus héliophile que celui décrit plus haut sous le nom de taillis à *Ericacées*, dont il est une variété édaphique. La proportion du mort bois est augmentée. Mais la vitalité du fourré indique des possibilités grandement meilleures que celles d'un simple taillis. Nous verrons plus loin (Evolution du taillis) la puissance éliminatrice d'une essence à feuillage persistant et compact, le Chêne vert, dans le même canton.

Terrains de comblement. — Lorsque les comblements sont faits avec des matériaux siliceux, le seul changement qui en résulte pour le taillis est une augmentation de vitalité. C'est là que l'on voit les énormes pivots de chêne (phot.), le terrain étant plus meuble, mieux aéré et aussi plus humide (Sables albiens).

Les têtes de ravin de la région du Chapelaz (Ravin de la mine par exemple) ont été comblées, avant le recreusement actuel, par les terrains supérieurs dont le calcaire lacustre formait la plus grande partie. Ces poches ne sont évidemment pas homogènes et l'on voit *Pteridium aquilinum* voisiner avec *Genista Scorpius*. Mais les éléments fins ont formé des sols dérivés qui se rapprochent beaucoup des marnes. Lorsque le calcaire domine, ces sols sont favorables à l'installation de *Genista scorpius* qui s'y révèle sociale et colonisatrice. La tête comblée du Ravin de la Mine a été cultivée en terrasses (domaine du Chapelaz). Aujourd'hui abandonnées ces terrasses montrent de beaux peuplements de *Genista scorpius*, concurrencés par places, par le Pin sylvestre encore jeune (fourré).

Le domaine de Chapelaz forme enclave dans la forêt domaniale et le mouton y sévit : il faut attribuer au pâturage l'extension du *Genista scorpius*, sur ces terrains qui lui sont favorables, comme cela se vérifie si souvent dans les plaines languedociennes.

Dans la forêt domaniale il n'y a pas de peuplements de ce Genêt. Il est relégué, à l'état sporadique, dans le taillis clairiéré des calcaires lacustres en place : mais ce stade régressif est à l'état latent. L'exemple du Chapelaz nous met une fois de plus en présence de ce que pourraient provoquer des imprudences : sur tous les sols, la régression est prête à se réaliser. *Genista scorpius* est un avertissement de plus.

2. — SOLS CALCAIRES

Les étages géologiques non imprégnés de silice sont rares à Valbonne et assez peu étendus. On les étudiera aux cantons de Plaine d'Acquié, dans la série B. Nous n'en dirons d'ailleurs que les caractères essentiels pouvant avoir une portée pratique, car

c'est tout le problème de la garrigue, qui se pose là (1) ; le problème est trop vaste, pour être traité dans une étude qui porte surtout sur le taillis siliceux.

La garrigue de Valbonne est un peu spéciale, parce que le mouton est éliminé de la forêt domaniale et les incendies sont rares. Il ne faut donc pas s'attendre aux vastes territoires à *Brachypodium ramosum* imprégnés de pyrophytes. On est en présence d'un taillis mixte de Chêne vert et Chêne pubescent avec mort-bois, dont le noyau floristique habituel est composé comme suit : (Tableau M).

Tableau M.

Taillis calcaire à *Amelanchier vulgaris et Genista Scorpius*

Quercus Ilex	1-5
Q. pubescens	+2

Mort-bois :

Amelanchier vulgaris	+2	*Dorcynium suffruticosum*	+1
Genista Scorpius	+1	*Thymus vulgaris*	+1
Cistus albidus	+1	*Lavandula latifolia*	+1
Juniperus oxycedrus	+	*Teucrium Chamoedrys*	+1
Phillyrea media	+	*Helianth. polifolium*	+
Pistacia Terebinthus	+	*Coronilla minima*	+
Prunus spinosa	+	*Fumana Spachii*	+
Cratoegus monogyna	+	*Bonjeania hirsuta*	+
Buxus sempervirens	02	*Sedum altissimum*	+
Cornus Sanguinea	01	*Aphyllanthes monsp.*	+
Arbustus Unedo	0+	*Poterium Sanguisorba.*	+
Rhus Cotinus	0+	*Euphorbia Characias*	+
Juniperus communis	0+	*Bupleurum rigidum*	+
Pinus sylvestris	0+	*Carex Halleriana*	+
S. Torminalis	0+	*Carex humilis*	+
Vib. Lantana	0+	*Odontites lutea*	0+
Rubia peregrina	+1	*Brachypodium ramosum*	03
Lonicera implexa	+		
Smilax aspera	+		
Clematis Flammula	0+		

(1) Voir à ce sujet la distinction faite par M. Marcelin entre le sol et le sous-sol.

Le mort-bois est assez riche en espèces, mais aucune d'elles n'a le caractère social et colonisateur des pionniers sur silice ou sur marne. *Genista Scorpius* et *Cistus albidus* ont des coefficients de présence très peu élevés. Les trouées sont obturées très lentement, le recépage du mort bois ne donne pas des rejets de souche vigoureux. L'*Amelanchier* domine par le nombre bien plus que par le volume. Les vides étant mal comblés, le taillis demeure très clair, sinon clairiéré. Il est héliophile, presque toutes ses espèces disparaîtraient sous le moindre couvert.

Aussi la coupe périodique entraîne-t-elle une extension considérable de la strate inférieure des Chaméphytes. La physionomie chaméphytique et nanophanérophytique est très méditerranéenne, elle caractérise une végétation xérothermique héliophile. Le taillis est ouvert jusqu'à cette strate et souvent même jusqu'aux Lichens (*Cladonia*) et au sol. Dans les endroits les plus largement ouverts, *Brachypodium ramosum* devient envahissant.

A mode d'exploitation identique, l'allure régressive du taillis est donc plus rapide sur calcaire que sur silice. La discontinuité est à la fois qualitative par la grande variété des espèces chaméphytiques et quantitative par le caractère peu social des espèces du taillis. Elle est ainsi beaucoup plus apparente que sur silice : c'est la garrigue.

Le sol perd ses qualités forestières, il n'y a pratiquement plus de germinations d'essences précieuses. Il arrive même que le mort bois ne se régénère plus par semis, dans des taches stériles. On trouvera ces taches au canton de la Montagnette et de la Plaine d'Acquié La végétation n'y recouvre que le tiers ou la moitié du sol avec des espèces surtout chaméphytiques :

Thymus vulgaris, *Lavandula latifolia*, *Helianthemum polifolium*, *Fumana spachii, Sedum altissimum* entre lesquelles se développe un tapis très discontinu de *Festuca duriuscula*, *Carex Halleriana*, *Cladonia endiviæfolia* et d'où émergent çà et là quelques *Buxus sempervirens* ou *Cistus albidus*. Les essais de reboisement, même par le Pin d'Alep, ont donné de médiocres résultats.

Une telle dégradation sur calcaire est définitive avec une exploitation en taillis. La colonisatrice sociale transitoire faisant ici défaut, l'amélioration d'une clairière stérile ne peut se concevoir que par des gains progressifs centripètes du bon massif.

Le mécanisme de fermeture des trouées sur calcaires est, en effet, bien différent de celui des terrains siliceux. Plus de colonisation massive, mais une colonisation sporadique donnant une pelouse armée ou des peuplements périphériques de plantes sociales gagnant lentement vers le centre. Nous avons dit, en effet, que ces plantes sociales calcicoles (Cistes par ex.) sont rares à Valbonne.

La pelouse armée succède aux cultures abandonnées et l'on en trouvera de beaux exemples à Plaine d'Acquié autour de l'enclave Boyer ; son observation indique déjà tous les défauts du futur peuplement arborescent :

Brachypodium phoenicoides, *Aphyllanthes monspeliensis*, *Poterium Sanguisorba*, forment le tapis avec les espèces banales de friches Les chaméphytes sont déjà en place : *Lavandula*, *Thymus Fumana*, *Coronilla minima*, *Cistus albidus* et *Genista Scorpius* forment quelques taches surtout sur les bords des champs. La friche est armée par des individus isolés de : *Quercus Ilex*, *Q. pubescens* (plantés en partie à l'abandon de la terre) *Arbutus Unedo*, *Amelanchier vulgaris*, *Juniperus oxcycedrus*.

Cette genèse du taillis à Amélanchier fait ressortir le rôle précurseur du mort-bois.

Les essences précieuses sont tardives sur les sols ingrats, thermogéniques. L'Amélanchier s'installe dès la phase initiale ; il persiste ensuite dans le taillis et progresse même sur les pentes quelle que soit d'ailleurs leur exposition, car les ravins de Plaine d'Acquié sont fortement ensoleillés jusqu'au Thalweg (quelques rares Figuiers et Coudriers jalonnent les cours d'eau desséchés).

C. — **Evolution du Taillis.**

Le taillis calcicole à *Amelanchier* et *Genista Scorpius* forme le type le plus xérophile de Valbonne. Il s'oppose sans affinité au taillis à *Coronilla Emerus* et *Rhamnus Frangula* des pentes fraîches sur silice.

Par son héliophilie et sa xérothermie, il se rapproche du taillis à *Erica scoparia* et *Arbutus Unedo* avec lequel il a des affinités floristiques ; mais, par son évolution, il s'en éloigne. Le taillis

calcicole, handicapé par un édaphisme rebelle à la colonisation massive conserve une allure clairiérée, alors que le silicicole obture rapidement ses trouées et se maintient dans son ensemble à l'état fourré. La clairière, stérilisée de semences précieuses et le fourré, trop dense pour une régénération qui est pratiquement nulle, sont sous des physionomies très différentes la tare principale de Valbonne : il faut fermer la clairière et étioler le fourré.

La phytosociologie dynamique permet ainsi de poser au Forestier les deux problèmes fondamentaux à résoudre, problèmes dont la portée dépasse de beaucoup le territoire d'une seule forêt domaniale, car ils sont méditerranéens.

Nous allons aborder les moyens de les résoudre par l'étude de l'évolution du taillis ; mais nous n'avons aucune illusion prétentieuse. Ces problèmes ne datent pas d'aujourd'hui ; ils remontent aux grandes déforestations historiques. Si l'histoire nous permet de mieux comprendre le mécanisme des ruines, nous devons nous efforcer de rechercher aussi dans le passé les influences meilleures des Collectivités ou des Administrations protectrices des arbres. Il y aurait sous ce rapport un joli sujet d'étude à Valbonne, en raison des conflits qui ont certainement surgi d'un privilège de déboisement mitoyen d'une tradition monastique contraire.

Il n'est plus permis aujourd'hui de limiter les investigations phytosociologiques aux simples formules floristiques, fussent-elles étayées d'un vocabulaire nécessaire. A-t-on vraiment le droit de rassembler en un relevé synthéthique des végétations qui n'ont ni l'âge ni la même origine ?

L'actuelle biosphère n'est-elle pas une des résultantes hétérogènes de l'histoire des peuples, civilisés ou non ? Et puisque les généralisations empiriques semblent reprendre leurs droits (Vernadsky), la modeste forêt de Valbonne, minuscule « concentration vitale », n'est-elle pas une miniature des influences anthropogènes sur la vaste « pellicule » chlorophyllienne ?

Autour des scories vitrifiées du Chapelaz, situé dans la partie la plus sèche, s'étendent les taillis à *Ericacées* ou à *Amelanchier* dont la principale valeur est encore de nos jours le bois de chauffage.

Autour de la Chartreuse, située dans une combe fraîche, où s'étend la prairie jadis irriguée, c'est le taillis à *Rhamnus Frangula*, le moins défavorable à la régénération.

Est-ce le résultat de la seule topographie ou du seul édaphisme? La phytosociologie historique permettrait peut-être des conclusions sinon différentes du moins plus complètes, car les Chartreux avaient un service forestier qui n'a pas préoccupé au même degré le Gentilhomme verrier : aux monastères stables s'opposaient les verreries mobiles et la destruction s'étendait autour de rares îlots protégés. Qu'il y ait là une simple coïncidence entre la répartition actuelle des trois types de taillis et les positions respectives d'une usine et d'un monastère ou que les facteurs naturels soient prédominants, c'est dans la zone des hauts perchis proche de la Chartreuse et dans quelques coins topographiquement privilégiés des taillis de chauffage que nous trouvons les indications les plus utiles sur l'évolution possible de la forêt dégradée.

*
* *

Sur Silice, nous avons déjà vu les bienfaits de l'allongement des perches ; même sous les peuplements purs de Chênes à feuilles caduques permettant l'insolation hivernale (1), le mort-bois s'étiole, perd aussi ses feuilles en hiver; les espèces sociales envahissantes sont éliminées ; la strate inférieure s'aère, les graminées cespiteuses ou rhizomateuses deviennent sporadiques, cédant la place à un tapis continu de Lierre ou de Pervenche (*Vinca minor*) d'où sortent les brins de semence.

Voici un exemple très instructif que l'on trouvera à Sagné-le-Pradas en suivant la ligne de coupe 28-29. Le taillis est sur les grès cénomaniens plus ou moins décomposés. La révolution est de 30 ans. La coupe 28 a été faite en 1915, la coupe 29 en 1916. Les baliveaux de 1915-1916 sont surtout de Chênes à feuilles caduques (Pubescent et Rouvre), enfin quelques modernes s'étalent sur le taillis (tableau N).

---

(1) Perchis de chêne pubescent (45 ans) issu d'une ancienne pépinière à la coupe 11 de la série B ; Perchis de Rouvre (1 hectare, 34 ans) à Montalivet ; haut taillis de la série d'étude.

Tableau N

Taillis mixte sous baliveaux et modernes, à *Ericacées* et *Rhamnus Frangula*

Baliveaux et modernes :

Quercus pubescens	+
Quercus sessiliflora	+

Taillis :

Quercus pubescens	1.2
Quercus sessiliflora	1
Quercus Ilex	+
Erica scoparia et arborea	2
Arbutus Unedo	2
Coronilla Emerus	+
Rhamnus Frangula	0+

Cistus salvifolius, *Ligustrum vulgare*, *Cratoegus monogyna*, *Viburnum Lantana*, *Sorbus Torminalis*, *S. Aria*, *Cerasus Avium*, *Acer campestre*, *Phillyrea media*, *Pistacia Terebinthus*, *Lonicera etrusca*, *L. implexa*, *Rubia peregrina*, *Rubus sp* , *Smilax aspera*, *Clematis Flammula*.

Strate inférieure ;

Ruscus aculeatus	1-4
Hedera Helix	1-2

Daphne Laureola, *Helleborus foetidus*, *Teucrium Chamoedrys*, *T. Scorodonia*, *Calamintha officinalis*, *Viola* div. (*Asplenium Adianthum-nigrum*), *Calluna vulgaris* <.

L'influence du balivage est rendue tangible par *Coronilla Emerus*, *Rhamnus Frangula*, *Ruscus aculeatus*, *Hedera Helix*. Le mort-bois encore très imprégné de sociales héliophiles s'achemine vers le taillis frais et ombragé.

Cela ne veut pas dire que partout à Valbonne, le taillis à *Ericacées* soit toujours suceptible d'être transformé dans le même sens. Mais dans les zones à *Quercus sessiliflora* il semble que l'on puisse et doive obtenir un couvert élevé et continu, qui éclaircira le mort-bois et améliorera les conditions de régénération.

D'ailleurs, si l'on suit la ligne de coupe 28-29, en descendant vers le Ravin de Sagné, les *Erica* disparaissent, les arbres réservés aux coupes sont de belle tenue, et l'ensemble a déjà les caractères d'un taillis sous futaie.

Le mort-bois comprend : *Coronilla Emerus* (1-3), *Ligustrum vulgare*, *Cornus Sanguinea*, *Cratoegus monogyna, Viburnum Lantana*, *Cerasus Avium*, *Sorbus Torminalis*, *Cytisus sessilifolius*, *Arbustus Unedo*, *Clematis Flammula*, *Rubia peregrina*, *Rubus sp.* Ce n'est plus le taillis héliophile ; la strate inférieure est encore mieux évoluée avec *Euphorbia amygdaloïdes*, *Orobus macrorhizus*, qui s'ajoutent aux espèces du relevé précédent.

Le perchis de Chêne pubescent issu de pépinière (coupe 11, série B) confirme encore cette influence du couvert : Le mort-bois est un ancien taillis à *Ericacées* dont les héliophiles ont presque disparu. On assiste à l'étiolement de *Ligustrum vulgare, Arbustus Unedo* (quelques pieds), *Viburnum Lantana*. Le mort-bois est très clair, à base surtout de *Cornus sanguinea*, *Clematis Vitalba*, *C. Flammula*, *Rubia peregrina*, *Rubus* ; le tapis continu de la strate inférieure comprend : *Hedera Helix* (continu), *Pteridium aquilinum*, *Helleborus fœtidus*, *Fragaria vesca*, *Viola sp.*, *Sanicula europoea*, *Euphorbia amygdaloides*, *Brachypodium silvaticum, B. pinnatum.* Le chêne vert donne quelques semis ; nous n'avons pas observé de semis de Pubescent (il n'est pas impossible qu'il en surgisse quelques-uns).

Nous avons indiqué les exemples les plus typiques et faciles à observer, prouvant que le taillis à *Ericacées* n'est pas un stade définitif. Il n'est maintenu que par la coupe et dépend de la révolution.

Le moyen le plus rapide de l'améliorer semble bien être l'allongement des perches. Le balivage influe par le nombre et le volume ; s'il est faible, il est inopérant car les rejets isolés meurent en cime et sont sans aucun avenir, sauf sur les pentes

les plus fraîches. Sur ces pentes, nous avons observé, en effet, des ébauches de taillis-sous-futaie. La Tête de Canet est la zone la plus évoluée dans ce sens : on peut avoir une idée de ce que serait la forêt dans ses parties les plus fraîches, au ravin de Baragnas. (Tab. O).

Tableau O

(Ravin de Baragnas)

Quercus sessiliflora	1-2
Quercus pubescens	+1
Quercus Ilex	+
Corylus Avellana	(d[t] aux ravins)
Ligustrum vulgare	2
Cornus sanguinea	1-2
Ilex Aquifolium	+
Acer campestre	+
Cratoegus monogyna	+
Cerasus Avium	+
Coronilla Emerus	+
Viburnum Lantana	0-1
Arbutus Unedo	0+
Clematis Vitalba	0-1
Clematis Flammula	+1
Rubus sp.	+2
Lonicera etrusca	0+
Hedera Helix	1-4
Ruscus aculeatus	+2
Euphorbia amygdaloïdes	+
Daphne Laureola	+
Primula officinalis	+
Fragaria vesca	+
Brachypodium silvaticum	+1
Festuca heterophylla	+

Il n'est pas douteux que ces taches de futaies localisées améliorent l'ambiance et peuvent s'étendre. Les têtes de ravin ramifiées, comme la Tête-de-Canet, pourraient déjà former un massif avec amélioration progressive sur les pentes.

Est ce que cette amélioration pourrait gagner toute la forêt? Nous la voyons possible aux stations fraîches, par l'allongement des fûts et le balivage plus dense ; nous avons des indications sur la transformation du taillis à *Ericacées* par extension du couvert. Mais sur les plateaux, les pentes faibles où le taillis sec et héliophile est en place depuis longtemps, le mort-bois très compact a besoin d'être aéré. Nous connaissons les dangers des coupes et des trouées ; il faut donc procéder *par étiolement*. Le balivage donne des résultats médiocres ou localisés L'allongement des rejets donnerait un haut-taillis de chênes qui ferait évoluer le mort-bois et permettrait l'installation d'un tapis sciaphile à base de Lierre, comme nous l'avons établi.

Le Chêne pubescent peut évoluer ainsi jusqu'au perchis. Mais pourrait-il donner une futaie avec taillis sous jacent et mieux encore une futaie pleine? Il n'est pas possible de répondre avec certitude, parce que les stades plus évolués n'existent pas à Valbonne. Il serait donc souhaitable de créer sur le plateau, dans le taillis à *Ericacées*, une nouvelle série d'études.

Le Chêne vert nous donne des indications plus précieuses et plus nombreuses, sur son comportement et sa régénération. Nous touchons là à l'un des problèmes les plus délicats de Valbonne. Il faut tenir compte en effet du mode d'exploitation et en particulier du balivage qui jusqu'à ces dernières années a été orienté vers la production des Chênes à feuilles caduques. Il existe cependant, sur certains points, une dominance très marquée de Chêne vert. On a coutume d'attribuer cela à l'exposition, à la nature du sol; il est admis que le Chêne pubescent s'élimine des stations sèches au profit de l'essence plus xérophile. C'est exact et les phénomènes d'inversion fréquents à Valbonne en sont la meilleure preuve. Mais doit-on en conclure que les Chênes à feuilles caduques soient définitifs aux stations les plus fraîches? L'évolution des taillis et le tempérament si plastique de l'Yeuse nous font penser le contraire :

a) *Influence du chêne vert sur l'évolution du taillis.* — 1) On en verra de beaux exemples à la ligne 16-17 qui sépare Mon-

talivet de Sarraier (en particulier au croisement de cette ligne avec le chemin de Montalivet). Le taillis est très serré. Les rejets sont dans leur 24[me] année. Un bouquet de Chêne vert en taillis très dense (les cimes se touchent) donne (tableau P) :

TABLEAU P

Quercus Ilex	3-4
Viburnum Tinus	1-2
Smilax aspera	+
Rubia peregrina	+
Ruscus aculeatus	+
Ligustrum vulgare	étiolés et morts
Arbutus Unedo	étiolé
Erica scoparia	étiolés et morts

Une plante nouvelle apparaît : *Viburnum Tinus*. Sa présence à Valbonne est très étroitement liée au Chêne vert. On la retrouve à Sagné dans des conditions analogues au voisinage immédiat de cépées d'Yeuse éparses (lignes 28-29-28-27). Elle n'indique pas la venue possible du Chêne vert, pas plus qu'elle n'indique celle du Pin d'Alep dans le bas Languedoc ou la basse Provence ; elle est subordonnée à l'extension préalable de ces essences.

Les lianes d'accompagnement sont sclérophylles, mais pas spécialement héliophiles ni xérophiles. *Smilax aspera* n'est xérophile qu'accidentellement : il a même une forme de garrigue à feuilles étroites et prend en plein soleil un port buissonnant, tortueux, perdant ses aptitudes de liane. Sous le couvert et en sol frais, il prend au contraire des feuilles larges et s'élève vigoureusement. Sa vitalité s'accroît sur silice.

2) La tranchée couverte, au périmètre du Saut du Mulet, est constituée, au Sud, par le Chêne pubescent dominant et, dans sa partie Nord, par le taillis de Chêne vert. Le mort-bois est étiolé sous le Chêne vert, alors que sous le Pubescent on relève en sous étage : *Viburnum Lantana*, *Castanea vesca*, *Ligustrum vulgare*, *Cornus sanguinea*, *C. Mas*, *Q. Ilex*, *Sorbus torminalis*, *Cratoegus monogyna*, *Ilex aquifolium*, *Erica scoparia*, *E. ar-*

borea, *Ruscus* très abondant, *Helleborus fœtidus*, *Daphne Laureola*, *Lithospermum purpureo-coeruleum*, *Rubia peregrina*, *Lonicera implexa*, *L. etrusca*, *Rubus sp.* et des taches de *Brachypodium pinnatum et silvaticum*. Quand on passe sous le Chêne vert, le tapis est nul et le *Ruscus* lui-même a presque disparu. Quelques représentants du mort-bois précédent subsistent étiolés.

Il y a ainsi sous le Chêne vert une transformation du sous-bois par l'apparition de nouvelles espèces (*Viburnum Tinus*) l'élimination du mort-bois habituel au taillis de Chêne blanc (l'Arbousier lui-même s'étiole) et le maintien ou la progression des Sciaphiles. Le fait saillant est la disparition complète du tapis herbacé et même de la strate inférieure (*Ruscus aculeatus*, très sciaphile arrive à rester seul sur le sol frais). Les feuilles mortes, fibreuses, s'amoncellent sous l'ombre, améliorant lentement le sol. L'Yeuse nettoie et améliore (1). A Valbonne, ses bouquets démontrent l'effet bienfaisant du couvert. Le Chêne vert protège son sol en ne le découvrant jamais. La persistance des feuilles prend ainsi une portée considérable et confère au Chêne vert une puissance éliminatrice qui doit l'acheminer jusqu'au climax. Malheureusement on ne peut suivre plus loin l'évolution de l'Yeuse en massif ; car dans l'ensemble de la forêt il a été réduit, au balivage. Il serait intéressant de réserver un peuplement de Chêne vert dont l'emplacement serait indiqué par le véritable tempérament de l'essence (2).

Ce tempérament doit être étudié d'abord parce qu'il a été schématisé de façon trop simple par les botanistes méditerranéens qui l'ont surtout observé dans la garrigue et ensuite parce qu'il nous permettra des suggestions sur l'avenir du massif auquel il s'incorpore de plus en plus.

b) *Tempérament*. — Quatre facteurs le rendent tangible : la fraîcheur du sol, le couvert, le pâturage, le balivage.

---

(1) Le *Cratœgus monogyna* joue un rôle semblable, mais ce rôle est atténué parce qu'il perd ses feuilles et se trouve très épars dans la forêt.

(2) Le Chêne vert est fréquemment attaqué par le *Corebus*. Mais nous ne pensons pas que ces attaques, localisées aux branches compromettent l'avenir des peuplements constitués en bon massif.

1. Fraicheur du sol. — La croissance et la vitalité de l'Yeuse augmentent sur sol frais. C'est très important pour Valbonne et cette considération préside pour une large part à l'élaboration de la série végétale sur les sables siliceux profonds, aux cantons de Font-des-Dames et de Croix-de-Canet. Sur les sables albiens profondément entamés par l'érosion, les perches « de l'âge » ont des dimensions considérables qui contrastent avec les rejets contemporains de la garrigue de Plaine d'Acquié. Ces faits confirment de nombreuses observations faites ailleurs (dans la Basse-Provence, le Chêne vert éliminé par l'homme au profit du Pin d'Alep est localisé dans les thalwegs des torrents ou sous les falaises rocheuses. Il y prend de grandes dimensions). Sa réputation de xérophyte paraît aussi suspecte que sa réputation de méditerranéen. C'est l'essence qui s'accommode le mieux de nos garrigues, mais il s'y maintient comme s'y maintient le *Smilax aspera* et ils n'y sont ni l'un ni l'autre dans leur station optima. On ne sait d'ailleurs pas avec certitude ce que deviendraient les cépées ou les rares brins de semence de l'Yeuse dans les garrigues languedociennes si on laissait agir la nature. On en a fait de plus un critère pour délimiter la région méditerranéenne et l'on a été conduit ainsi à admettre une « irradiation méditerranéenne » partout où il est. On peut aller loin avec cette notion arbitraire.

2. Le couvert. — De croissance plus lente que le Chêne pubescent et le Rouvre, l'Yeuse se trouve souvent en sous-étage en fin de révolution. Il reste longtemps à l'état dominé sous les cimes d'essences très diverses.

Sous le Pin sylvestre. — Combe de Canet, coupe 21, sous des Pins réservés à l'exploitation, soit 45 ans d'âge en 1929 pour une révolution de 30 ans; au Saut du Mulet, ancien vide colonisé par le Pin.

Sous les chênes à feuilles caduques. — Entre la Croix-de-Canet et la Chartreuse, sous-étage très étendu d'Yeuse dans le bas perchis de Pubescent et de Sessiliflore, sous le perchis de Chêne blanc, issu de pépinière, parcelle 11, série B ; sous le Perchis de Chêne Rouvre issu de taillis (34 ans), à Montalivet VII, Est du Ravin des Tilleuls ; en sous-étage dans le taillis-sous-futaie de Tête de-Canet.

Sous les Pins Maritimes de Croix-de-Sablé.

Sous les Hêtres, Aulnes, Ormeaux, Tilleuls, Peupliers des ravins profonds.

(Par exemple : Ravin de St-Laurent où l'on verra de belles perches d'Yeuse dominées).

Sous lui-même enfin, lorsque son fût est bien dégagé. On trouve çà et là des réserves d'Yeuses très âgées ; sous l'une d'elle, âgée de 120 ans environ, et dont la cime à 9 mètres de diamètre, nous avons observé des brins de semences (non des drageons). D'ailleurs le fait que cette espèce à feuilles persistantes drageonne sous ses propres cimes est une preuve indiscutable de son aptitude à supporter le couvert. Il serait intéressant de savoir s'il existe des époques propices au drageonnement. La constitution d'une réserve de Chêne vert assez étendue serait très appréciée par les phytosociologues et permettrait d'élucider bien des problèmes encore en suspens pour la biologie de l'Yeuse.

Au cours du développement des séries végétales, l'Yeuse est quelquefois pionnier : nous l'avons vu jouer ce rôle avec le Pubescent sur les terrains à *Aphyllanthes* du Mas Pradou. Généralement il est plus tardif que le Chêne blanc. En tout cas son état dominé est très précoce. Ainsi, dans la série *Aphyllanthes* ⋙→ *Spartium* ⋙→ *Q. pubescens*, il reste en sous-étage fort longtemps et dès les premières années. Il arrive très souvent que des pentes entières sont dominées par le Pubescent, mais en y regardant de près on trouvera l'Yeuse très jeune dans ces taillis qui paraissent uniquement constitués de Chêne blanc. Si les germinations des deux espèces sont contemporaines, il y aura toujours par la suite un décalage en faveur du Chêne blanc (nous verrons plus loin que ce décalage n'est pas définitif).

3. Le paturage. — La dominance de l'Yeuse est en grande partie fonction de pâturage. Dans les régions de transition entre la garrigue à Chêne vert et les basses montagnes à Chêne pubescent, le mélange des deux essences est épuré du Chêne blanc par le mouton ou par la chèvre. Voici un relevé pris hors de la forêt domaniale (mise en défens) dans le bois particulier de Canet, limitrophe au sud du Col du Lapin (Tableau Q).

Tableau Q.

Cépées de *Q. Ilex*	2
Pinus sylvestris jeune	+2
Erica scoparia	+2
Viburnum Lantana	+1
Quercus pubescens	+
Juniperus communis	+
Clematis Flammula	+
Smilax aspera	+
Rubia peregrina	+
Genista scorpius	+
Thymus vulgaris	+
Dorycnium suffrut.	+
Aphyllanthes monsp.	+
Asperula Cynanchica	+

Il y a peu d'espèces en raison de l'état fourré. Mais la progression du Pin sylvestre et la régression du Chêne pubescent est très symptomatique, sur un tènement limitrophe d'un taillis domanial où domine le Chêne blanc et où le Pin sylvestre est peu étendu On trouve beaucoup d'exemples semblables dans les basses collines Languedociennes et en particulier sur les friches armées paturées où l'armature est presque uniquement constituée d'espèces rebelles à la dent du mouton.

4. Le Balivage. — Deux points de vue sont à considérer : l'influence du baliveau sur le taillis et l'avenir du baliveau. Nous avons étudié le premier plus haut.

Les baliveaux de Chênes à feuilles caduques résistent mal à l'isolement lors de l'exploitation. On trouve bien, dans les parties les mieux abritées contre la sécheresse et le vent, des modernes et des anciens d'assez bonne tenue (canton de Sagné), mais toutes les parties hautes de la forêt sont défavorables au balivage du Chêne pubescent.

Au contraire, le Chêne vert résiste bien à l'isolement et ce n'est pas sa moindre qualité ; mais, à Valbonne, le balivage a

porté très longtemps, pour des raisons d'ordre économique sur les Chênes à feuilles caduques.

Le Chêne vert se présente ainsi avec un tempérament très plastique. Cette plasticité est encore augmentée par sa résistance sur les calcaires ensoleillés où l'on connaît mal encore les possibilités d'améliorations du taillis clairiéré.

L'absence de colonisatrices sociales sur les calcaires lacustres de Valbonne (Chapelaz Plaine d'Acquié) donnent au mécanisme de fermeture des trouées un caractère de lenteur trop favorable à la régression du sol. Pour si complexe et difficile que soit le vaste problème de la garrigue méditerranéenne, il semble qu'au point de vue pratique, la donnée essentielle à mettre en relief soit précisément cette lenteur de l'évolution du tapis végétal. C'est sans doute pour cela que l'on a fait si souvent des essais de reboisement destinés à combler les vides. Mais, ils échouent fréquemment en raison de la régression naturelle des sols thermogéniques dont le soleil, le vent et le surpaturage entravent la formation. On n'a pas encore trouvé la prodigieuse essence qui s'accommoderait d'une telle dégradation, ne fut-ce que pour couvrir le sol. Le Chêne vert a du moins l'énorme avantage de se maintenir longtemps. Il aurait un rôle bienfaisant à jouer si on le laissait faire et mieux encore si on l'aidait. Le problème de la garrigue n'est pas, dans son ensemble, un problème de reboisement, mais un problème de *reconstruction*, avec un matériel encore en place, c'est-à-dire qu'il faut reparcourir en progression les étapes de la régression. Ce n'est pas là une vue purement théorique ; elle est étayée par des observations essentielles sur la biologie des essences, et en particulier leur mode de dissémination.

Les essences sociales, peu exigeantes vis-à-vis du sol disséminent en masse hors du massif ou dans les trouées ; elles jouent un rôle transitoire en rapport avec leur faculté de dissémination et leur rapidité de croissance.

Mais celles qui se substituent à elles doivent leur pérennité à une préparation méthodique du sol en vue d'une régénération impossible sans cette préalable amélioration. Elles se régénèrent dans leur propre zone d'influence et le plus souvent dans les produits de décomposition de leurs feuilles. Cela implique

un tempérament peu vagabond strictement adapté à cette régénération sur place. Bien que les recherches n'aient pas encore été très poussées vers le *substrat spécifique de régénération*, il est cependant d'observation courante que les espèces définitives préparent elles-mêmes le substrat de leur descendance, soit directement par les produits qu'elles répandent sur le sol et l'ambiance qu'elles créent, soit indirectement par les transformations qu'elles font subir aux strates sous-jacentes. Elles y parviennent plus ou moins bien, mais il appartient à l'homme de les aider. Le phytogéographe, qui n'a pas à sa disposition la technique sylvicole, a du moins dans son ressort la biologie des espèces et leur comportement dynamique dans l'évolution du tapis végétal Il peut et doit faire connaître cette biologie et sa répercussion sur l'environnement édaphique, atmosphérique et biotique.

Tempérament et *influence*, n'est-ce pas là précisément la double base de toute technique sylvicole ? Le Chêne vert, par son tempérament qui s'accommode du couvert et sa longévité, a les caractères d'une essence définitive. La dominance du Pubescent ne saurait, en effet, être définitive avec un sous-étage d'Yeuse. Cela n'entraîne évidemment pas la disparition radicale du Chêne pubescent, mais indique que l'évolution de la forêt de Valbonne doit aboutir à un peuplement différent de celui qui est actuellement réalisé. Nous n'avons pas à trancher ici dans quel sens il est plus *avantageux* de conduire le peuplement, mais il nous a paru utile d'en établir les aptitudes naturelles

Nous pensons avoir montré, tant sur silice que sur calcaire et par les diverses modalités de l'évolution du tapis végétal, la part qui revient au comportement des essences dans l'environnement sur lequel elles agissent. Il nous semble possible d'en tirer maintenant quelques conclusions générales, s'appliquant à un massif méconnu ou qui, plus exactement peut-être, jouissait du discrédit général jeté sur les forêts méditerranéennes.

III. — CONCLUSIONS

1° La forêt domaniale de Valbonne est en régression ;

2° C'est l'absence de couvert qui a provoqué la régression ;

3° Le maintien du taillis simple xéro-héliophile ne peut qu'accentuer la régression ;

4° La régression sur silice est moins apparente que sur calcaire ; mais elle est aussi réelle parce que les trouées qui restent béantes sur calcaires, se comblent sur silice avec des espèces secondaires, non précieuses, appartenant à des stades de recolonisation ;

5° Ces stades qui devraient être transitoires dans une série progressive de reconstitution du massif sont maintenus par la coupe périodique ;

6° Toutes les fois que le couvert s'améliore ;

a) le mort-bois s'étiole avec tendance à passer de la xéro-héliophilie à la méso sciaphilie ;

b) La strate inférieure devient favorable à la régénération ;

7° L'étude de l'évolution du tapis végétal (et particulièrement le mécanisme de fermeture des trouées) indique :

a) sur calcaire, une extension possible du couvert par *voie centripète*, les clairières se fermant par un haut couvert en partant de leur périphérie, en raison de l'absence de colonisatrice sociale (à Valbonne du moins) ;

b) sur silice, un fourré trop compact susceptible d'être éclairci *par étiolement ;*

c) dans les deux cas, par des moyens différents, l'absolue nécessité de reconstituer *le couvert ;*

d) des possibilités de futaie sur silice, aux pentes fraîches avec le Hêtre, le Chêne sessiliflore, le Chêne pubescent et le Chêne vert ;

e) une influence améliorante, en tâche d'huile, autour des massifs les plus évolués : du Hêtre au Rouvre des basses pentes et du Rouvre au Pubescent comme l'indique déjà la série d'étude.

8° *Le tempérament* et *l'influence* du chêne vert l'acheminent naturellement vers le climax. Il est artificiellement *subordonné*

à Valbonne ; sont état *dominé*, sa *longévité, sa puissance reconstructrice* en font une essence appelée à jouer son rôle dans la phase climatique terminale.

9° La forêt de Valbonne, située entre les vastes plaines du littoral et les sommets de l'Ardèche, est dans une zone de transition où le Chêne vert se mêle au Chêne blanc. Elle tend à évoluer vers un peuplement mixte avec prédominance de l'Yeuse dans la phase terminale.

10° Ces conclusions sont basées sur la conception dynamique des séries végétales. Les associations qui résultent d'un état stabilisé, confirment la stabilisation, c'est-à-dire, à Valbonne, le taillis simple. Elles permettent de *constater* la régression en masse de la forêt ; mais elles ne font connaître ni les modes de dégradation ni les modes de reconstitution de la forêt. Si la simple *analyse botanique* du taillis révèle une xérohéliophilie qui se généralise et se traduit économiquement par la vente d'un bois de chauffage, l'*histoire du tapis végétal* nous met en présence d'espoirs meilleurs : le taillis sec et fourré est transformable, par influence, en un taillis étiolé et plus frais, ; le taillis clairiéré des calcaires chauds peut au contraire se fermer.

Le Forestier est ainsi mis en face de l'un des problèmes les plus délicats à résoudre : *récupérer l'ambiance perdue.* Il dispose pour cela, à Valbonne, d'un matériel partiellement dégradé, mais suffisamment établi encore puisqu'il repart de l'avant dès qu'il est protégé.

11° Les observations faites à Valbonne sont valables pour la grande majorité des forêts méditerranéennes françaises aménagées en taillis sur les basses collines.

Laboratoire de Botanique de l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier.

QUATRIÈME PARTIE

ÉTUDE DE LA FORÊT DE LA CHARTREUSE DE VALBONNE

Par A. JOUBERT
Inspecteur principal des Eaux et Forêts, à Nîmes.

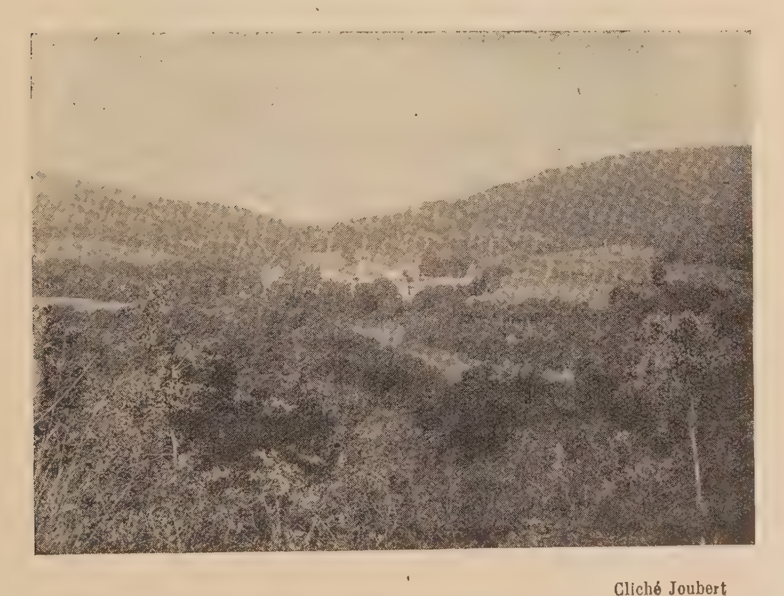
Nous divisons notre étude en deux parties :

1re PARTIE. — La présentation du massif étudié ;

a) Sa situation générale — Sa composition ;
b) Son histoire ;
c) Son traitement.

2e PARTIE.

a) La décadence de la Forêt ;
b) Analyse des éléments forestiers constitutifs ;
c) L'œuvre future.



Cliché Joubert

LE MONASTÈRE ET LA FORÊT



Cliché Joubert.

LA CROIX DES CHARTREUX
AU CARREFOUR
DE LA « CROIX DE SABLÉ »

Restaurée par M. A. Joubert

PREMIÈRE PARTIE

Chapitre Premier. — **Situation générale.**

La forêt domaniale de Valbonne a une surface de 1.404 Ha ; elle est constituée par différents cantons séparés et assez éloignés les uns des autres.

L'étude actuelle ne porte que sur le massif principal dit de la « Chartreuse », dont la superficie est de 826 Ha.

*
* *

I. — Relief et Climat.

Situé à l'angle N.-E. du département du Gard, à proximité immédiate de la vallée du Rhône, ce massif se confine à des altitudes très réduites allant de 75 m. (sortie du ravin de Combe de Borne) à 322 m. (Devez du Chapelas).

Le relief est tourmenté, sans exposition générale définie ; mais à expositions particulières extrêmement variables et quelquefois très accentuées.

La zone climatique est celle de l'olivier des basses collines Languedociennes ; avec cette caractéristique particulière de se trouver dans l'axe du grand courant extrêmement sec et violent qu'est le Mistral ; et dans la section où ce courant atteint sa plus haute densité. En outre, climat général méditerranéen, soit à étés secs et chauds, à hivers très secs avec pluies concentrées en précipitations abondantes dans deux périodes bien distinctes, printemps et automne.

Les brouillards y sont excessivement rares, la luminosité (1) est considérable.

La vallée du Rhône forme en cette région un golfe remontant des plus bas isohyètes méditerranéens (Voir tableau, courbes des chutes d'eau).

*
* *

II. — Sa Composition.

a) *Chêne pubescent et Chêne Yeuse.* — Ces deux essenses constituent les 8/10 du peuplement, en mélange intime et à proportion d'ensemble sensiblement égale. Cette *intimité* est une caractéristique des plus curieuses du massif. Le mélange est intime d'abord pied par pied ; et ce n'est que rarement, quoique cela se présente, qu'une essence exclut totalement l'autre. La proportion du pied par pied est excessivement variable, allant de 0 à 10 et alternativement pour chacune de ces essences. Le mélange est également intime en cet autre sens que les groupements pied par pied à proportions différentes sont intriqués les uns dans les autres avec une extrême confusion, hors laquelle il nous a été impossible d'établir une règle découlant de raisons apparentes (nature du terrain, ou exposition)

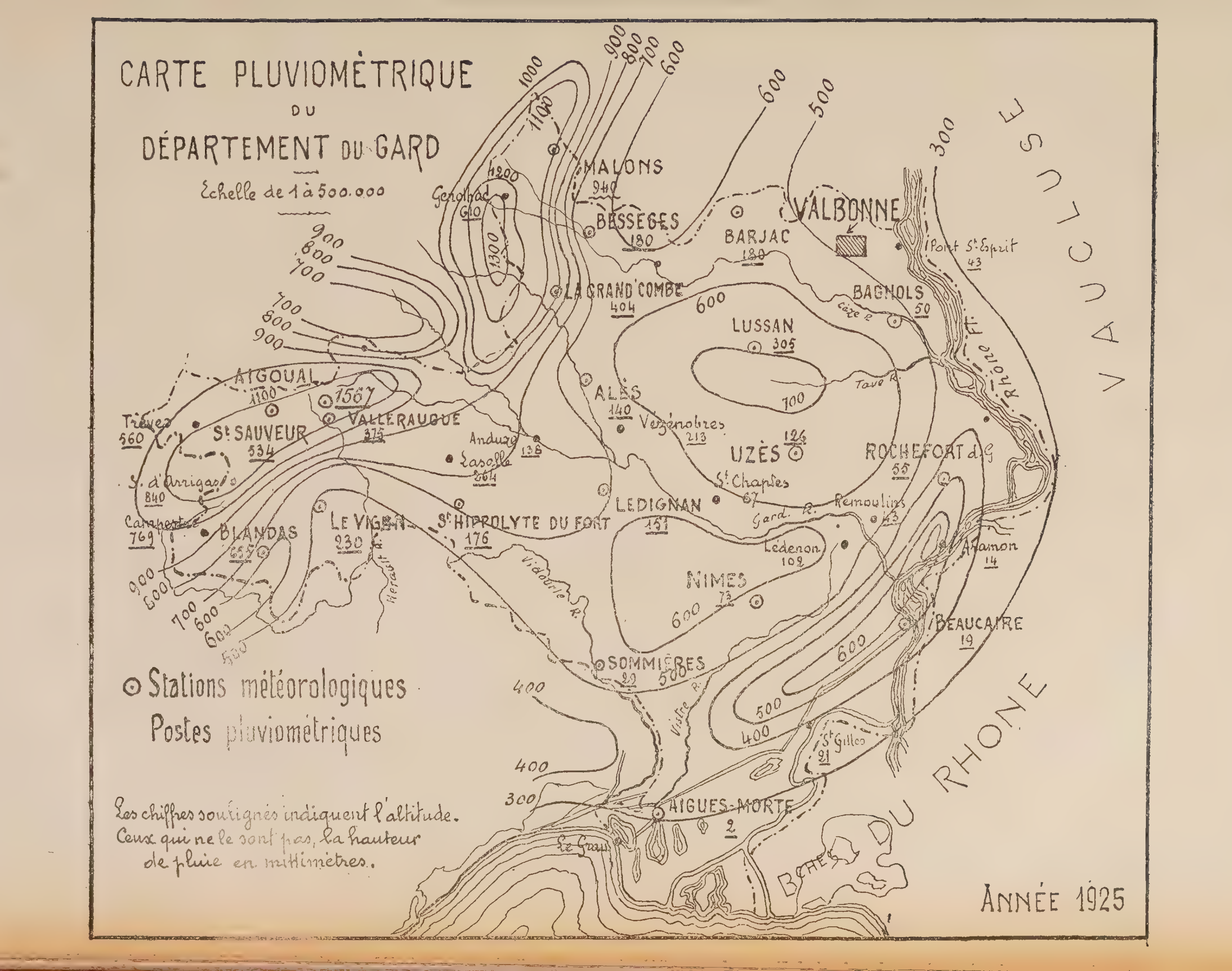
Nous avons été frappé depuis longtemps de ce fait et nous avons cherché à voir si une essence gagne du terrain par rapport à l'autre.

Nous avons pensé a priori que le chêne pubescent tendait à éliminer le chêne yeuse dans les parties en voie d'amélioration.

Nous avons dû rectifier depuis, du tout au tout, cette façon d'apprécier et nos conclusions définitives sont, on le verra, exactement à l'opposé.

---

(1) La luminosité, ou plus exactement les radiations solaires autres que calorifiques sont un élément capital, surtout en région méditerranéenne, commandant à la xérophilie d'une formation végétale. Il est donc fort difficile de ne pas envisager ce point spécial dans l'étude de ces formations.


CARTE PLUVIOMÉTRIQUE
DU
DÉPARTEMENT DU GARD
Echelle de 1 à 500.000
VAUCLUSE
RHONE
VALBONNE
Pont St Esprit 43
BARJAC 180
BESSÈGES 180
MALONS 940
Genolhac 610
LA GRAND'COMBE 404
BAGNOLS 50
LUSSAN 305
ALÈS 140
Vézénobres 213
UZÈS 126
St Chaptes 67
ROCHEFORT d G 55
Remoulins 43
Aramon 14
BEAUCAIRE 19
LEDIGNAN 151
Lédenon 102
NIMES 73
SOMMIÈRES 20
St Gilles 21
AIGUES-MORTE 2
Le Grau
AIGOUAL 1100
1567
VALLERAUGUE 375
St SAUVEUR 534
Trèves 560
S. d'Arrigas 840
Campestre 769
BLANDAS 655
LE VIGAN 230
St HIPPOLYTE DU FORT 176
Anduze 138
Lasalle 264
Gard R.
Cèze R.
Tave R.
Vidourle R.
Vistre R.
Hérault R.
Rhône Ft
Ⓞ Stations météorologiques
Postes pluviométriques
Les chiffres soulignés indiquent l'altitude.
Ceux qui ne le sont pas, la hauteur de pluie en millimètres.
ANNÉE 1925

Les 2/10 du peuplement sont constitués pour un total de 10, ainsi que suit :

Pin sylvestre spontané..........................	4
Chêne rouvre, spontané..........................	3
Hêtre........ d°	0,5
Divers (aulnes, ormes, fruitiers, peupliers, etc..... spontanés)..................................	2
Pins (Alep, d'Autriche, maritime) *introduits*........	0,5

Les « divers » n'offrent rien de caractéristique pour cette étude ; la grosse proportion est concentrée dans des fonds de ravins (aulnes, peupliers). Les Pins introduits (reboisements de vides), n'offrent également aucun intérêt, sauf que leur introduction a décelé *une erreur de principe* sur laquelle nous reviendrons par la suite.

Ceci concerne les essences forestières proprement dites ; mais il est impossible de passer à ce titre, sous silence, cinq essences arbustives dont l'importance est capitale dans la formation du manteau forestier.

1° *L'Arbousier*, très intimement lié au chêne vert. Il se trouve particulièrement là où celui-ci domine ; il y atteint les mêmes dimensions ; il a la même rapidité de croissance et forme alors partie intégrante du massif, comme partie intéressante des produits principaux à l'exploitation.

2° *Le Coudrier*, qui s'installe en sous-bois très dense dans les meilleures situations.

3° *Les grandes bruyères* dont la répartition se trouve exactement calquée sur celle du pin sylvestre, quoique le débordant généralement.

4° *L'Amélanchier*, abondant sur les parties calcaires les plus pauvres.

5° *Le filaria*, qui accompagne fréquemment les grandes bruyères.

Nous fixerons l'importance de ces essences dans l'ensemble du massif en les cotant 3 sur 10.

Nous donnons pour le pin sylvestre, le hêtre et le chêne rouvre une carte de répartition. Ce que nous avons dit du chêne yeuse et du pubescent rend inutile leur figuration, puisque ils se trouvent partout : et mélangés, sur silice, comme sur calcaire.

Les grandes bruyères sont emplacées elles-mêmes par la figuration du pin sylvestre. L'arbousier est partout sur silice ; l'amélanchier sur calcaire.

Chapitre II. — **Historique**

Si l'histoire d'un massif était exactement connue, il serait facile d'établir des règles expérimentalement contrôlées aidant à conduire son évolution future vers le but désirable.

Malheureusement le passé nous échappe presque autant que l'avenir. Cependant ce point étant essentiel, nous nous sommes attaché à recueillir tous les renseignements possibles.

La forêt de Valbonne a été conservée et a pu se maintenir en l'état actuel grâce à sa longue appartenance ecclésiastique.

« A la limite septentrionale du diocèse d'Uzès, au sein d'une forêt ombreuse, s'étendant au loin sur tout le pays compris entre le Rhône, la Cèze et l'Ardèche, vivait au XIIe siècle, une colonie de religieuses bénédictines. Des désordres amenèrent les pieuses solitaires de Notre-Dame-de-Bondilhon à l'abandon de leur chère demeure (1).

Le Moustier abandonné devint le patrimoine des Bénédictins d'Aniane (2), mais les moines bénédictins avaient une mission les obligeant à se rapprocher du peuple et par sa position le monastère de Bondilhon ne pouvait leur convenir ; « aussi l'abbé d'Aniane saisit-il avec empressement l'occasion d'échanger cette solitude » (3).

(1) Bruguier-Roure. — *Chronique de la Chartreuse de la Valbonne* (1869).
(2) *Ibid.*
(3) *Ibid.*

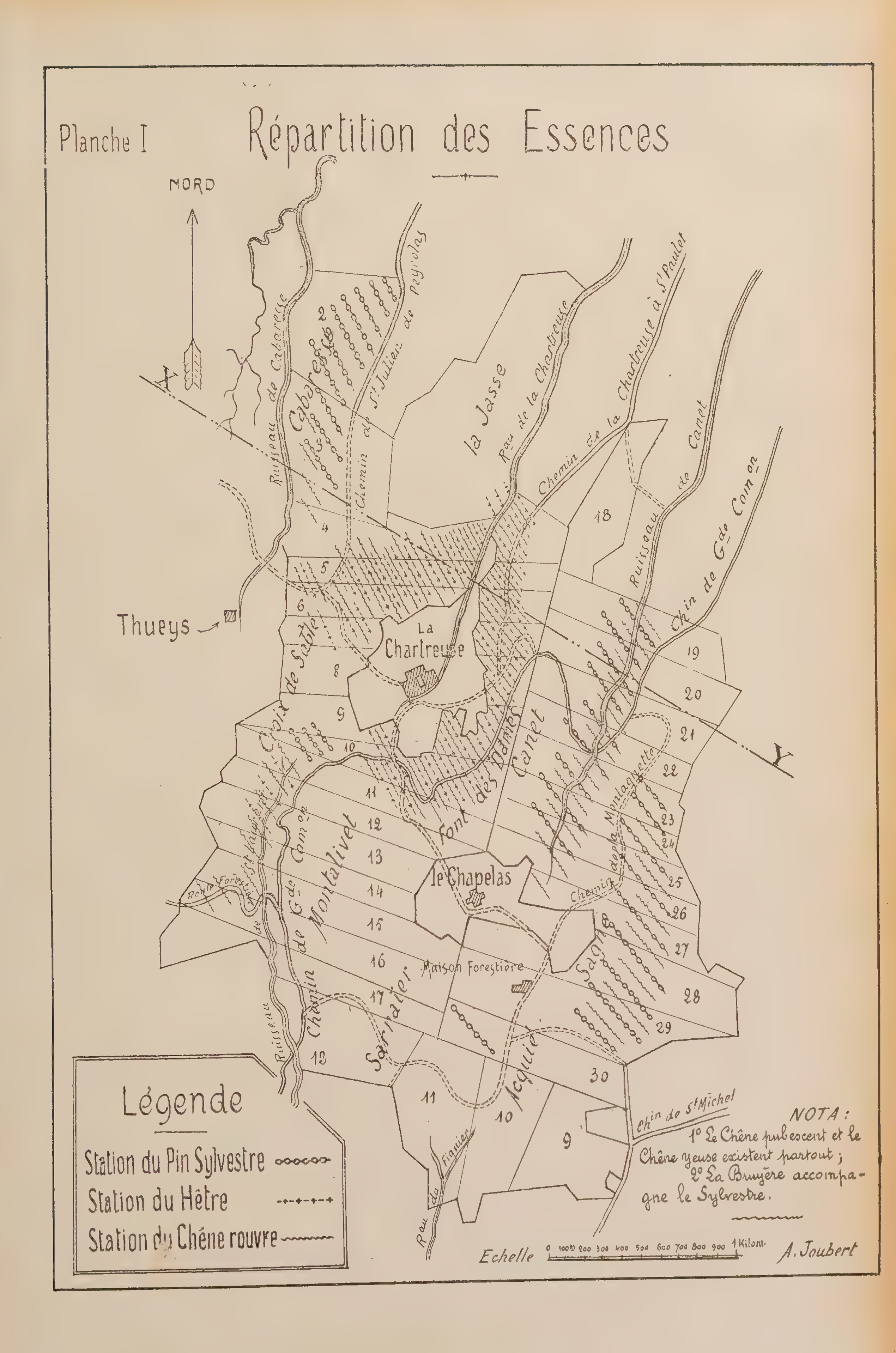


Planche I
Répartition des Essences
NORD
Thueys
La Chartreuse
la Jasse
Ruisseau de Cabaresse
Chemin de St Julien de Peyrolas
Rau de la Chartreuse
Chemin de la Chartreuse à St Paulet
Ruisseau de Canet
Chin de Gde Comon
Croix de Sable
Montalivet
Font des Dames
Canet
Chemin de Gde Comon
Chemin de la Montagnette
Sarrasier
Sagne
Acquié
Je Chapelas
Maison Forestière
Route Forestière
Ruisseau
Rau du Figuier
Chin de St Michel
Légende
Station du Pin Sylvestre
Station du Hêtre
Station du Chêne rouvre
NOTA :
1° Le Chêne pubescent et le Chêne yeuse existent partout ;
2° La Bruyère accompagne le Sylvestre.
Echelle 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1 Kilom.
A. Joubert

Guillaume de Vénéjan, évêque d'Uzès en 1190, avait le vif désir de terminer ses jours dans la solitude ; il céda à l'abbé d'Aniane un de ses bénéfices en échange de l'Eglise de Notre-Dame-de-Bondilhon, des terres environnantes et des droits attachés (1).

Guillaume de Vénéjan fit aussitôt hommage de ce bénéfice à l'ordre des Chartreux, le 4 des ides de février 1203 (2) et dès ce moment commence lui-même la construction du monastère. Il fondait ainsi officiellement le 10 février 1204, la trente et unième maison de l'ordre.

Les luttes religieuses du 16e siècle eurent leur très dure répercussion au monastère ; vers 1630, les protestants d'Uzès auraient pillé le couvent et massacré les occupants, un incendie le détruisit. En 1633, un nouveau monastère sortit des ruines amoncelées par les Huguenots (3) et c'est à cette date qu'il faut reporter les constructions actuellement existantes.

La nuit du 4 août 1789, fut le prélude de l'abandon à la nation de tous les biens des ordres religieux ; dont la suppression fut prononcée le 13 février 1790, par l'Assemblée nationale ; les biens furent remis aux municipalités voisines ; les meubles vendus ; les archives détruites (4).

Le monastère et les terrains de culture furent remis par un arrêté du 27 pluviose an XII à l'Hospice de Pont Saint-Esprit, en compensation de ses biens également vendus en 1792 et pour tenir compte des services qu'il avait rendus aux blessés et malades des armées de la République.

Les bois eux-mêmes restaient propriété nationale et furent repris par l'Administration des Eaux et Forêts ; nous ignorons à quelle époque exacte. En suite d'un procès-verbal de visite du

(1) Bruguier-Roure. — *Chronique de la Chartreuse de la Valbonne* (1869).

(2) *Ibid.*

(3) *Ibid.*

(4) *Archives départementales*. Inventaire des papiers remis à M. Mathieu-Bousquet, bureau des domaines, relatifs à la ci-devant Chartreuse de Valbonne (An V probablement). « L'on n'a pas envoyé les moindres papiers des archives de cette Chartreuse à l'Administration du département et lorsque l'Administration a voulu les réclamer par sa lettre du 12 Ventôse an V, l'Administration municipale de Pont Saint-Esprit par sa réponse du 4 Germinal an V donna à connaître que lorsqu'on brûla les titres féodaux, plus de 400 registres eurent le même sort... et que peut-être ceux qu'on réclame furent de ce nombre ».

8 octobre 1823, une ordonnance de Charles X, du 17 mars 1825, prescrivait le lever du plan général de la forêt et sa division en deux séries d'exploitation.

MODE DE JOUISSANCE ET TRAITEMENT DES CHARTREUX

Nous n'avons pu retrouver que fort peu de choses à ce sujet. L'annotation ci-dessus concernant la destination donnée aux archives laisse peu d'espoir de trouver des renseignements valables.

Voici ce que nous avons pu relever.

Les chroniques du Languedoc, tome V, indiquent :

« Les 9 domaines qu'ils ont dans leur forêt ne subsistent que par les réparations continuelles que les Officiers de la Chartreuse font faire et par la grande attention qu'ils ont à conserver leur forêt :

Quatre gardes ne cessent d'y veiller ».

Les archives départementales possèdent la déclaration de Don Ignace Tricot prieur de Valbonne, faite en exécution du décret de l'Assemblée Nationale, ratifiée le 18 novembre 1789, par lettre patente du roi ; ordonnant l'inventaire de tous les biens, meubles et immeubles, revenus et charges des églises et monastères de France. Don Ignace Tricot s'exprime ainsi :

....

« Bois. — La majeure partie du désert de Valbonne qui est en bois et les diverses parties aussi en bois que la Chartreuse possède dans les terroirs des communes voisines et qui sont presque toutes attenantes au sien, forment une forêt considérable, complantée en général, en chêne vert, chêne blanc, hêtres, pins et autres bois amers, elle a été pendant très longtemps d'une petite ressource, à raison de l'éloignement et encore plus par la difficulté de l'exploitation, aussi ne lui produisait-elle guère que par l'engrais des bestiaux. Mais la rareté du bois et la dévastation presque totale des autres forêts du voisinage ayant mis dans la nécessité d'y recourir depuis environ 25 ans, elle lui a fourni une ressource qui lui était absolument nécessaire

par l'augmentation du prix de tous les objets de dépenses. On a d'abord travaillé à purger la forêt de tous les bois qui étaient sur le retour et dont la majeure partie tombait en vétusté. Aussi est-elle aujourd'hui dans un état tel que s'il était possible malgré la difficulté de l'exploitation de la réduire comme on y travaillait déjà en 40 coupes réglées, on croit que l'on pourrait en retirer annuellement environ 10.000 livres, mais avec beaucoup de soin et d'attention, surtout pour empêcher les dégradations qu'y font continuellement les habitants des communautés voisines, qu'il n'a même pas été possible d'arrêter cette année quoique la Chartreuse ait habituellement à sa solde cinq gardes qui ne sont occupés qu'à garder la forêt.»

*
* *

La forêt était donc soigneusement surveillée (4 et 5 gardes) ; donnait ses plus grandes ressources par le pâturage, et on aurait désiré la réduire en coupes réglées à 40 ans « terme nécessrire pour le recru de bois) ».

L'Inspecteur des Eaux et Forêts Teissier, à Uzès, précise dans un rapport du 10 août 1862 : « Toute la forêt fut autrefois en haute futaie pleine et les quelques vieux chênes de fortes dimensions qui y existent encore prouvent qu'elle a pu être et qu'elle pourrait devenir encore fertile ».

Bruguier-Roure indique que « Les Chartreux connurent de bonne heure le secret de fondre le verre ; ils avaient une verrerie aux environs de Valbonne au Mas de Jols ; cette verrerie attira dans le pays un certain nombre de gentilshommes verriers qui ont fait souche ».

Outre la verrerie du Mas de Jols à toute proximité à l'Est du massif que nous étudions, il y en eut d'autres. Il y en avait une à la Révolution dans l'enclave du Chapelas en plein massif (origine de cette enclave sans doute). On y trouve d'ailleurs encore des scories qui ne laissent aucun doute à ce sujet. Les exploitants étaient maîtres verriers à Valbonne et abandonnèrent cette exploitation à la suite des découvertes de mines de lignite à proximité (concession par décret du 2 Nivôse, an XIV). Ils acquirent pour fabriquer le verre à l'aide de ce lignite une

propriété voisine (1er mai 1807), comprenant la colline de Saint-Pancrace près du Pont Saint-Esprit qui fournit actuellement le sable à l'importante verrerie de Pont Saint-Esprit dépendant de la Société de Saint-Gobain.

Bruguier Roure indique également que « les Chartreux de Valbonne essayèrent aussi l'industrie du fer, mais le minerai de la forêt était trop disséminé ; leur idée fut reprise par le sieur Lude sans donner un meilleur résultat ; la demande de concession qu'il fit au roi fut vivement combattue par les communautés des alentours qui craignaient le renchérissement du bois de chauffage ».

En outre des traces de four à chaux, çà et là, indiquent, que là où le terrain l'a permis, la Chartreuse a tiré dans la forêt elle-même la chaux nécessaire à ses constructions.

*
* *

Après le départ des Chartreux, la forêt fut sans doute laissée en gérance aux municipalités voisines. Les textes comme les renseignements nous font entièrement défaut, jusqu'en 1823, soit pour une période d'une trentaine d'années ; et il n'est pas exagéré de penser que pendant cette période la surveillance dût être bien incertaine et les déprédations formidables.

L'ordonnance royale du 17 mars 1825, prescrit le lever du plan général de la forêt et en fixe l'aménagement. Elle se réfère au « procès-verbal de visite des agents forestiers du 8 octobre 1823, contenant leurs observations et propositions sur l'aménagement ». Ce proces-verbal existe aux archives. Il est signé par Lefebvre, inspecteur principal du 18e arrondissement forestier. Il n'est malheureusement pas possible d'en tirer de grands renseignements Il précise que la forêt est peuplée d'essence chêne vert et blanc ; qu'on y exploite en ce moment à 20 ans le taillis, sur lequel on réserve des baliveaux de l'âge.

« Elle était autrefois couverte d'une belle futaie détruite par la Révolution », ajoute l'Inspecteur principal Lefebvre.

Voici l'essentiel de son rapport :

« Nous nous sommes transporté, en exécution de la lettre de l'Administration du 10 octobre dernier, en réponse à notre

compte rendu de tournée générale dans la forêt royale de Valbonne, à l'effet d'examiner avec la plus grande attention quel est le mode d'aménagement qui convient le mieux à cette forêt. Ce rapport a fait penser à l'Administration que cette forêt était placée sur un très bon fond puisqu'elle avait fourni autrefois une belle futaie ». M. Lefebvre remarque ensuite la variation du sol et propose sans explication le moyen terme de la futaie sur taillis « précédemment admis par les Chartreux » qui réunit à son avis les avantages de la futaie et du taillis.

C'est sur ces propositions si vagues et si imprécises que fut établi l'aménagement encore actuellement en vigueur.

Chapitre III. — **Le traitement**

L'aménagement a donc été réglé en principe par l'ordonnance de Charles X du 17 mars 1825 qui prescrit dans son art. 1er la division en deux séries d'exploitation ; « la première placée dans la partie Nord et divisée en 30 coupes exploitables dans un pareil nombre d'années ; la 2e comprenant le reste de la forêt qui ne sera pas jugé susceptible d'être aménagé à 30 ans et qui sera divisé en 25 coupes exploitées dans un pareil nombre d'années ».

L'Art. 3 précise que : « Lors de l'exploitation successive de chaque coupe, il y sera réservé : 1° tous les arbres anciens et modernes qui seront jugés pouvoir encore atteindre une révolution ; 2° de 60 à 100 baliveaux de l'âge à l'Ha choisis parmi les mieux venants et de préférence en essence chêne blanc ».

L'assiette de cet aménagement fut établie aussitôt en forêt à l'aide d'un damier de lignes de coupes rectilignes soigneusement bornés et qui existe encore aujourd'hui.

La révolution de la 2e série fut portée à 30 ans (décret du 4 janvier 1922), par simple suspension des exploitations pendant 5 ans. Par propositions, homologuées par décret du 1er avril 1924, nous fûmes autorisé à instaurer une petite série d'étude portant sur 68 Ha de l'ancienne forêt.

Le massif de la Chartreuse, objet de la présente étude, comprend toute la 1re série à 30 ans, sauf la coupe 1 (canton détaché) ; plus 4 coupes de la 2e série à 25 ans (coupes 9, 10, 11 et 12).

En fait ce massif, depuis l'ordonnance 1825, a vu son assiette inchangée et ses exploitations soumises uniformément aux prescriptions de cette ordonnance.

Sur un aménagement qui précisait ainsi de façon péremptoire le taillis sous futaie classique, auquel aucune modification n'a été apportée encore et dont l'application continue a duré 104 ans ; il est possible aujourd'hui de porter un jugement définitif.

Ces résultats sont ceux-ci : sauf pour une très petite partie de la coupe 27 en situation très spéciale (cuvette bien fermée ouvrant seulement au Nord et groupant 5 à 6 Ha) *nulle part la futaie n'a pu être normalement constituée.*

Le massif reste à l'état de taillis ; avec çà et là quelques rares réserves concentrées dans les vallons.

Nous avons pu relever depuis 1839, les balivages effectués ; ce relevé garde tout son intérêt du fait que l'assiette des coupes est restée inchangée.

De son examen résulte d'abord la constatation d'une irrégularité très grande à l'exécution. A certaines périodes correspond la désignation sur plusieurs exercices d'un nombre de baliveaux à l'Ha considérable.

Jusqu'en 1858, ce nombre est assez régulier et avoisine le chiffre prescrit ; de 1859 à 1866, il atteint une densité considérable pour brusquement tomber à rien dans les années qui suivent, se relever ensuite, redescendre encore.

On en a conclu, et nous l'avons entendu dire, que cette périodicité correspondait à la succession d'officiers forestiers de zèle variable.

Tout autre est la vérité à notre avis. Après une période de balivage intensif, on s'apercevait simplement que les baliveaux

dépérissaient avec une fâcheuse régularité. Leur mort est assurée avant 6 ou 7 ans et leur extraction s'impose. Découragés, les gérants renonçaient au balivage régulier et se contentaient de réserver quelques arbres au fond des ravins où ils consentaient à résister. Puis l'oubli arrivait, un nouvel Inspecteur s'attachait à constituer à nouveau la futaie impossible, prescrite par l'aménagement.

Le baliveau dans un climat sec et lumineux, une fois soustrait à l'ambiance première du massif, est incapable d'assurer l'équilibre entre l'amenée l'eau du sol et l'évaporation et ceci d'autant plus qu'il provient d'un taillis en meilleure *station et plus* âgé. La cime souffre pendant que la lumière favorise la formation des gourmands : ceux ci une fois développés concurrencent la cime et amènent rapidement sa mort.

Sans doute un émondage sérieux et convenablement poursuivi devrait en principe parer à cet inconvénient ; il fut exécuté soigneusement à certaines époques, à 3 et 5 ans après l'exploitation. Travail considérable, difficile à mener à bien et qui s'est révélé palliatif totalement insuffisant. Il faudrait émonder une fois par an au moins et tant que le recru n'a pas atteint le niveau du houppier.

En pratique, la mortalité reste toujours formidable. Seuls se maintiennent les baliveaux les plus rustiques ayant cru dans les plus mauvaises conditions d'isolement et donc de faibles dimensions.

On les retrouve à l'exploitation suivante, sans grande modification de dimension, au point que le marteau les traite souvent à nouveau de baliveaux. Persistent également les baliveaux suffisamment protégés de l'évaporation intense dans le fond des ravins ; et aussi assez fréquemment ceux de chêne vert et qui se défendent mieux dans un milieu à xérophilie accentuée.

EXPLOITATIONS ANNEXES

L'histoire du massif ne saurait se séparer de ces exploitations. Aux coupes principales réglées comme ci-dessus sont venues

s'ajouter, se continuer, pendant longtemps toute une série d'autres exploitations qui ont imposé au massif un régime particulièrèment épuisant.

Nous avons dit toute l'importance que revêtaient les morts-bois. Or, un aménagement, dits des morts-bois et dont nous n'avons pas le texte constitutif (on en retrouve pour d'autres forêts voisines) réglait l'exploitation de ceux-ci à 5 ans. En fait, les morts-bois comprenaient tout ce qui n'était pas chêne et hêtre et à ce titre avaient dans l'ensemble du matériel ligneux, une place très considérable. En résumé, tous les 5 ans une véritable exploitation venait découvrir un sol qui précisément demandait le contraire. Les coupes figureraient au cahier-affiche des ventes générales et étaient vendues en même temps et de la même façon que les coupes normales.

Les coupes de morts-bois semblent avoir été supprimées et en tout cas disparaissent de l'affiche générale en 1847, à la suite des propositions portées à un procès-verbal de reconnaissance du chef de cantonnement de Pont-Saint-Esprit.

Ce procès-verbal de reconnaissance indique, par ailleurs, que « toutes les coupes s'exploitent en taillis simple ».

Un rapport du 21 septembre 1878 s'exprimait ainsi :

« L'Inspecteur des Forêts à Uzès qui connaît la forêt domaniale de Valbonne depuis 31 ans. . déclare que cette forêt a beaucoup perdu comme peuplement et comme vigueur de végétation...

Partout dans les peuplements les plus vieux, le couvert est insuffisant et le sol frappé par le soleil est desséché profondément...

On a eu tort de faire dans cette forêt depuis 10 ans de coupes *d'éclaircie et de nettoiement...* » (Il s'agissait probablement d'éclaircies dans les cépées de chêne.)

Ces coupes d'éclaircie avaient lieu à 22 ans dans la série A et à 18 ans dans la série B.

Il semble donc bien que jusqu'en 1878, les agents forestiers frappés de la décadence continue de la forêt aient constamment

cherché à améliorer le recru en faisant disparaître les morts-bois, considérés comme fâcheusement concurrents.

Jusque peu avant la guerre, d'ailleurs, l'enlèvement des rémanents était imposé comme aussi le recépage intégral des morts-bois ; la bruyère en particulier. Depuis ces pratiques sont abandonnées, peut-être sous la poussée des nécessités, il faut bien le dire, mais aussi grâce à une *meilleure conception du rôle du forestier*.

A noter également qu'à plusieurs époques furent, toujours dans l'espoir de revivifier le taillis dépérissant, proposées des réductions de révolution, heureusement jamais adoptées.

RENDEMENT

Ici se placerait très utilement la comparaison des rendements matière aux différents âges. Malheureusement les archives sont riches en chiffres argent, mais pas en quantité matières. Il semble que pendant de longues périodes, et tout récemment encore les forestiers sylviculteurs ont perdu de vue qu'une forêt produit des bois et non pas de l'argent, fâcheuse confusion. Notre étude n'envisage ce massif (peut-être est-il utile de le préciser), qu'au *point de vue forestier*, et non point au point de vue fiscal, aussi, même des coefficients de valeur permettant de comparer des sommes d'argent à différentes époques ne peuvent nous intéresser. C'est la quantité de produits qui nous intéresse et pas leur valeur marchande.

Nous n'avons rien pu rassembler d'utile pour pouvoir juger de l'évolution de la forêt à ce point de vue. Nous devons d'ailleurs indiquer que nous n'en aurions tiré aucune conclusion, l'augmentation du rendement pouvant fort bien correspondre à une dégradation du massif.

MODIFICATIONS INTERVENUES

En 1886 fut présenté « un projet de restauration de la forêt domaniale de Valbonne » approuvé par décision de l'Administration le 15 mars 1887 ; ce projet est signé par M. Falque, ins-

pecteur à Bagnols ; sa justification y est ainsi précisée : « M l'Inspecteur général Lacombe en tournée à Valbonne, le 7 mai 1886, a été frappé de l'état rabougri et clairiéré des peuplements, il a appelé notre attention sur la nécessité de régénérer une forêt qui décline. »

En 1878, M. l'Inspecteur Pessard, après avoir signalé l'état de dépérissement des peuplements de Valbonne, principalement sur les grès de la série A, et ayant attribué cette situation à la durée des révolutions en proposant de les réduire à 25 et 20 ans, M. Falque précise que cette mesure aurait au contraire pour résultat « de découvrir plus souvent le sol », diagnostic tout intuitif de la maladie réelle dont souffre le massif.

Malheureusement, l'ambiance n'était sans doute pas encore favorable car M Falque n'insiste pas, n'ose pas aller plus loin dans cette direction. Se référant aux observations de M. l'Inspecteur général Lecomte, il propose la restauration à l'aide des mesures suivantes :

1° Introduction des résineux dans les vides et clairières (en fait du pin laricio d'Autriche et du pin maritime).

2° Réserve plus abondante.

Le plan de restauration sur ces bases fut adopté et suivi assez régulièrement jusqu'en 1914 pour les repeuplements des vides et clairières. Pour l'intensification de la réserve ; en vain M. Brive, garde général à Pont-St Esprit, indique en 1878, « les sujets dépérissants sont moins les brins de taillis que les réserves malvenantes », il fut classé paresseux et le balivage reprit avec ses inévitables vicissitudes.

Le programme de Falque introduisit en forêt un stock de pins divers sans grand intérêt, mais ne fit pas avancer d'un pas la solution du problème.

Plus rien jusqu'en 1908. A cette date le Conservateur Perdrizet, frappé à nouveau de cette décadence, demande qu'il soit étudié par le service local un allongement de révolution portant les termes à 30 et 35 ans suivant les situations. Mais rien ne se fit.

Garde général des Eaux et Forêts à Pont-St-Esprit, dès avant guerre, cette situation nous avait frappé.

Reprenant cette forêt en 1923 comme Chef de service à Nîmes, nous nous préoccupâmes des possibilités de trouver et d'appliquer des méthodes convenables ; inspiré par un maître en art forestier : M. le Conservateur Ducamp, et fort de son appui, nous fîmes adopter la formation d'une Série dite d'étude (décret du 1er avril 1927) destinée à la recherche de règles nouvelles.

Cette Série d'étude fut constituée par la partie la plus intéressante du massif, qui venait alors en tour d'exploitation, celle entourant le monastère, au canton de la Font des Dames, où s'est perpétué le hêtre. Nous avons pu ainsi sauver in extrémis la partie la plus instructive de la forêt d'une exploitation barbare.

NOMBRE DE RÉSERVES A L'HECTARE

EXERCICE	Série A				Serie B				OBSERVATIONS
	Coupes	Baliveaux	Modernes	Anciens	Coupes	Baliveaux	Modernes	Anciens	
1839	10	31	3,1	1,4	»	»	»	»	
—	11	30	3,6	2,3	11	13	3,9	1	
1840	12	»	»	»	12	»	»	»	Pas de renseignements
1841	13	42	2,3	0,2	13	25	1,5	»	
1842	14	39	3,2	0,4	14	28	1,1	0,1	
1843	15	21	1,9	1,5	15	18	1,2	»	
1844	16	27	2,6	0,3	16	11	0,7	»	
1845	17	23	3,2	0,3	17	19	0,5	»	
1846	18	31	0,3	»	18	27	0,5	»	
1847	19	49	2,9	1,4	19	29	1,1	»	
1848	20	53	4,0	»	20	32	1,7	»	
—	21	31	1,2	»	21	43	4,0	»	
1849	22	69	1,6	»	22	33	0,8	0,2	d'après les cahiers affiches
1850	23	15	1,1	»	23	4	»	»	
1851	24	8	»	0,1	24	9	0,1	»	
1852	25	25	0.9	»	25	2	0,1	»	
1853	26	60	2,1	»	1	»	»	»	
1854	27	46	0,8	»	2	15	»	»	
1855	28	51	0,3	0,1	3	26	2,4	»	
1856	29	47	»	»	4	17	»	»	
1857	30	36	»	»	5	26	0,1	»	
1858	1	66	0,1	»	6	31	0,4	»	d'après l'étude de M. Falque en 1886
1859	2	161	3,4	»	7	44	0 4	»	
1860	3	168	3	»	8	37	»	»	
1861	4	187	10,4	0,2	9	41	0,7	»	
1862	5	109	7	»	10	34	»	»	
1863	6	181	11,4	0,5	11	59	3,6	0,3	
1864	7	2?7	10	»	11	101	0,3	»	
1865	8	129	3,5	0.4	13	78	3	0,1	
1866	9	183	5	0,1	14	38	1	»	
1867	10	53	4,6	0,5	15	12	0,6	»	
1868	11	15	2		16	1,2	0,1	»	
1869	12	14	1,4	0,2	17	1	»	»	
1870	13	8	2	0,4	18	2,2	»	»	
1871	14	6	1,3	0,2	19	3,7	0,5	0,1	
1872	15 16	9,5	1,1	0,6	20-21	4,3	1,2	0,2	
1873	17	13	2,3	0,4	22	1,7	0,4	0,1	
1874	18	24	2,2	0,2	23	1,5	0,1	0,1	
1875	19	9	1.5	0,8	24	7	»	»	
1876	20	9	2	0,2	25	1,7	0,1	»	
1877	21	11	2,4	0.3	1	0,9	»	»	
1878	22	12	1,6	0,1	2	2,4	»	»	
1879	23	9	0,3	0,1	3	1,6	0,3	0,04	
1880	24	36	2	0,8	4	6	1	»	
1881	25	41	4	0,9	5	»	»	»	
1882	26	49	7	3	6	»	»	»	
1883	27	44	16	0,1	7	»	»	»	
1884	28 (1/2)	24	1	1	8 1/2	»	»	»	
1885	28 (1/2)	14	3	0,2	8 1/2	»	»	»	
1886	29	43	9	1	9	»	»	»	
1887	30	5	0,6	»	10	»	»	»	
1888	1	2,6	0,4	0,1	11	2,8	0,4	0,2	
1889	2	32	0,2	»	12	12	»	»	
1890	3	6	0,3	»	13	2	0,2	0,2	
1891	4	7	2,5	»	14	0,7	0,2	»	
1892	5	3	2	0,7	15	1	»	»	
1893	6	19	8	3	16	1	0,2	»	
1894	7	24	10	3	17	3	0,2	»	

EXERCICE	Série A				Série B				OBSERVATIONS
	Coupes	Baliveaux	Modernes	Anciens	Coupes	Baliveaux	Modernes	Anciens	
1895	8	15	3	1	18	1	»	»	d'après les cahiers affiches
1896	9	18	5	2	19	3	0,5	0,2	
1897	10	26	7	4	20	1,1	0,2	0,1	
898	11	7	2	1	21	7,7	1,5	»	
1899	12	7	2	0,7	22	1	»	0,1	
1900	13	0,9	1	0.7	23	2	0,1	0,3	
1901	14	2	0,4	0,7	24	0,4	»	»	
1902	15	8	1	1	25	0,4	0,1	0,2	
1903	16	6	1	1	1	»	»	»	
1904	17	5	1	1	2	»	»	»	
1905	18	43	4	1,5	3	10	0,2	»	
1906	19	61	3	1,5	4	13	1	»	
1907	20	55	2	1	5	15	0,3	»	
1908	21	86	4	2	6	31	»	»	
1909	22	81	5	1,3	7	39	»	»	
1910	23	86	4	1,7	8	46	»	»	
1911	24	107	12	2	9	55	0,1	»	
1912	25	113	13	4,9	10	93	0,4	»	
1913	26	100	16	5	11	47	0,4	»	
1914	27	98	16	8	12	71	7	1,6	
1915	28	86	7	2	13	63	2	1	
1916	29	88	16	2	14	67	1	0,2	
1917	30	63	2	0,2	15	34	»	»	
1918	1	39	2	0,1	16	28	»	»	
1919	2	43	2	»	17	30	»	»	
1920	3	65	1	»	18	30	0,2	0,2	

Dès 1839 le recrutement des anciens et des modernes s'avère comme très pénible dans la 1re série (à peu près impossible dans la 2e marquée par une absence de ravins favorables). Sur 42 baliveaux à l'ha de la coupe 13, 1re série, réservée en 1841 ; 2 restent comme modernes en 70. 0,7 comme anciens en 1900. En 1864, 327 baliveaux à l'ha sont marqués dans la C. 7 (1re série) ; 10 modernes s'y recrutent seulement en 94 (hêtre et chênes de ravin). Sur 129 de la coupe 8 (1re série) de 1865 ; 3 seulement se retrouvent valables à conserver 30 ans plus tard.

DEUXIÈME PARTIE

Dans la première partie, que nous venons de clore, nous avons objectivement présenté le massif et son histoire à la lumière des renseignements existants.

Nous allons maintenant l'étudier personnellement en vue des conclusions à fournir.

Chapitre premier. — La décadence de la Forêt

La forêt se dégrade ; tel est le leit motiv des forestiers depuis 1825, pas de discordance.

Nous sommes et sans doute bien avant les Chartreux, en présence d'une formation forestière dégradée ; évoluant vers un stade de plus en plus régressif.

Cette notion de régressivité, soit si l'on veut la marche évolutive de l'ensemble d'une formation végétale, prise comme entité, vers des formes de plus en plus régressives, cela sous l'influence continue et combinée de l'action de facteurs divers est, à notre sens, notion capitale dans toute étude scientifique du manteau végétal en région méditerranéenne ; et probablement aussi ailleurs.

Nous ne pensons pas que l'étude d'un massif forestier, tel que celui de Valbonne, comme les conclusions à apporter à cette étude puissent avoir quelque valeur hors cette conception.

L'évolution est l'état normal de toute formation forestière. Chercher à connaître les lois de cette évolution devrait être la préoccupation primordiale du forestier. Ce qui doit compter pour lui c'est, d'abord, la biologie des espèces forestières, et ensuite, ce qui est tout autre chose, et il conviendra de ne pas l'oublier, la biologie des peuplements forestiers.

Cette évolution vers des stades de plus en plus régressifs est à Valbonne variable dans l'espace. En sol favorable, en exposition Nord, elle est sans doute moins rapide, sinon sans rémission. Elle est également moins marquée là où le point de départ était moins avancé par suite d'une protection plus soutenue et plus efficace (proximité immédiate du monastère).

Dans le temps elle est oscillante ; l'exploitation à blanc étoc la précipite verticalement, pendant que la zone de repos entre deux révolutions la fait remonter à plan incliné ; ce redressement peut, suivant le terme d'exploitation et les contingences, ramener la situation au-dessus ou au-dessous du niveau où elle se trouvait au moment de la dernière exploitation.

Cette marche régressive du massif est à vues humaines assez lente, peut-être même insensible, en certaines situations. Mais elle a un allié éventuel formidable, impossible à oublier : c'est l'incendie. Tant que les sylviculteurs administratifs adjoignaient à la coupe normale des coupes complémentaires de morts bois et d'éclaircie, ils épuisaient sans doute le massif, mais se garantissaient par cela même de l'entrée en jeu du feu. Jusqu'en 1910 environ les coupes étaient d'ailleurs, à l'exploitation, soigneusement expurgées de tout mort bois, bruyère et *pins sylvestres* compris, et doublées de nombreuses délivrances intermédiaires à charge de prestation. A l'heure actuelle, cette pratique resterait-elle désirable qu'elle est devenue économiquement impossible.

L'incendie intervenant met la partie brûlée en état de régressivité *brusquement accentuée*. Les morts-bois augmentent leur emprise ; une strate herbacée *particulière* où dominent les graminées, s'empare du sol. D'où danger *accru* d'incendie.

Le feu appelle le feu.

Rien de sérieux à tenter par le forestier qui ne soit commandé par cette préoccupation primordiale.

Il faut arrêter la marche régressive du massif ; et la remplacer par une marche progressive. L'urgence est, contrairement

à ce qu'une simple sylviculture aperçoit, d'autant plus grande que le massif est én plus mauvais état.

Faute de principes à puiser dans la sylviculture officielle ; une étude nouvelle est donc à entreprendre pour les fixer ici. Et pour faire cette étude nous avons appelé à notre secours le géologue et le botaniste.

Nous croyons et nous l'avons expliqué ailleurs (1) que la phytosociologie est sans grand intérêt en application statique. Autre sans doute est son rôle possible en un problème dynamique qui se pose ainsi ; c'est ce problème que nous allons essayer de résoudre. Laissant parler nos collaborateurs nous limiterons maintenant notre contribution à l'étude des essences du massif au point de vue du problème ainsi posé.

Dans une étude antérieure « Mise en valeur des forêts nouvelles 1927 », nous avons essayé de mettre en évidence deux notions qui nous paraissent être capitales en toute étude de formation forestière à climat sec, savoir :

a) l'ambiance : modifiable ;

---

(1) Notre étude « Mise en valeur des forêts nouvelles » 1927.

Il faut rapprocher de notre étude de 1927, l'ouvrage « Denudation of the Punjab Hill par B. O. Coventry » (analyse parue dans la Revue des Eaux et Forêts, octobre 1929).

L'auteur y caractérise chaque étage *dégradé* par une essence type : Acacia Modesta, puis Pinus longifolia, Pinus excelsa, Picéa Morinda, enfin Betula utilis (nous avons signalé nous-même l'acacia et le bouleau comme essences feuillues typiquement de stade régressif). L'auteur recherche dans chacun de ces étages dégradés l'essence *caractéristique* de la forêt *définitive* qu'il voit surtout constituée par des chênes : Quercus Incana, dilatata, carpifolia.

Nous ne voyons pas, par contre, quelle place exacte il attribue à ce titre à Cedrus Deodora. D'autre part, nous ne croyons pas que cette forêt définitive, au sens que semble vouloir donner l'auteur à cette expression, puisse être constituée surtout par des chênes.

En revanche l'auteur indique qu'à l'étage tempéré supérieur le Picéa Morinda est l'essence *pionnier* ; l'Abiès Pindrow venant ensuite. (Nous rappelons que nous avons classé nous-même l'épicéa comme essence de stade *régressif* au premier chef)

Nous sommes très heureux de nous retrouver en conformité de pensée avec M. B.O. Coventry.

b) L'évolution, en marche régressive ou progressive, état normal de toute formation.

Nous y avons précisé qu'à différents stades régressifs devaient, à priori, être adaptées des essences spéciales. Nous avons vu correspondre ainsi à des stades régressifs marqués des essences que la sylviculture avait communément baptisées de lumière, mais que, pour rester dans la vérité, il serait préférable d'appeler « essences de stade régressif «. Nous avons vu qu'à des stades progressifs correspondaient, au contraire, des essences dites d'ombre, mais qu'il vaudrait mieux appeler « essences de stade progressif ».

Nous avons indiqué en outre que, dans les résineux, cette adaptation paraissait s'être faite par familles botaniques : pins, épicéas, genévriers d'un côté ; sapins, cèdres, cyprès de l'autre (énumération non limitative bien entendu) tandis que dans les feuillus elle paraissait s'être établie par variation dans les espèces, pour le chêne en particulier ; kermès, liège, pubescent, affarés d'un côté ; yeuse, zeen, rouvre, pédonculé *sans doute* de l'autre, tout ceci suivant les climats d'ailleurs.

Il est nécessaire d'observer ici que régressif comme progressif n'ont qu'un sens de relation, et que le mot régressif ne saurait être pris au sens péjoratif.

Dans l'échelonnement montant, progressif, qui irait de 0 à 20; en se plaçant sur un échelon quelconque, est régressive toute position qui est en dessous ; progressive toute position au-dessus.

De même une essence, et même une *variété* dans une essence, peut être de stade progressif ou régressif suivant l'échelon d'où on l'observe.

L'évolution, état *normal*, nous le répétons, de tout massif forestier, est régressive si elle va vers le bas, et progressive si elle remonte (1).

---

(1) A rapprocher également la critique de M. Auguste Chevalier, professeur au Muséum, d'un article de M Ducamp : « Forêts primitives et Forêts cultivées » (Revue de Botanique appliquée et d'Agriculture coloniale, n° 95-1929).

M. Chevalier précise qu'il est nécessaire de distinguer une troisième catégo-

Par ailleurs cela n'exclut pas des comportements divers des essences, certaines améliorantes quoique de stade régressif, donc susceptibles d'aider fortement à une évolution progressive, alors que d'autres de stade plus progressif, sont moins améliorantes et moins aptes à aider à une meilleure évolution ; pubescent et sylvestre, par exemple, considérés à un même échelon.

Egalement aussi une essence a un optimum à un échelon donné mais reste encore en place en dessus et en dessous.

Nous donnons dans un tableau sypnotique ci-contre une figuration limitée de cette conception.

On verra qu'elle permet de trouver dans une forêt le stade minimum auquel tout forestier doit nécessairement tendre ; ne serait-ce que vis-à-vis de la sensibilité au feu.

A notre avis, c'est seulement à ce stade que le forestier peut *en de tels massifs*, laisser pratiquemment place au simple sylviculteur et à ses préoccupations spéciales de rendement.

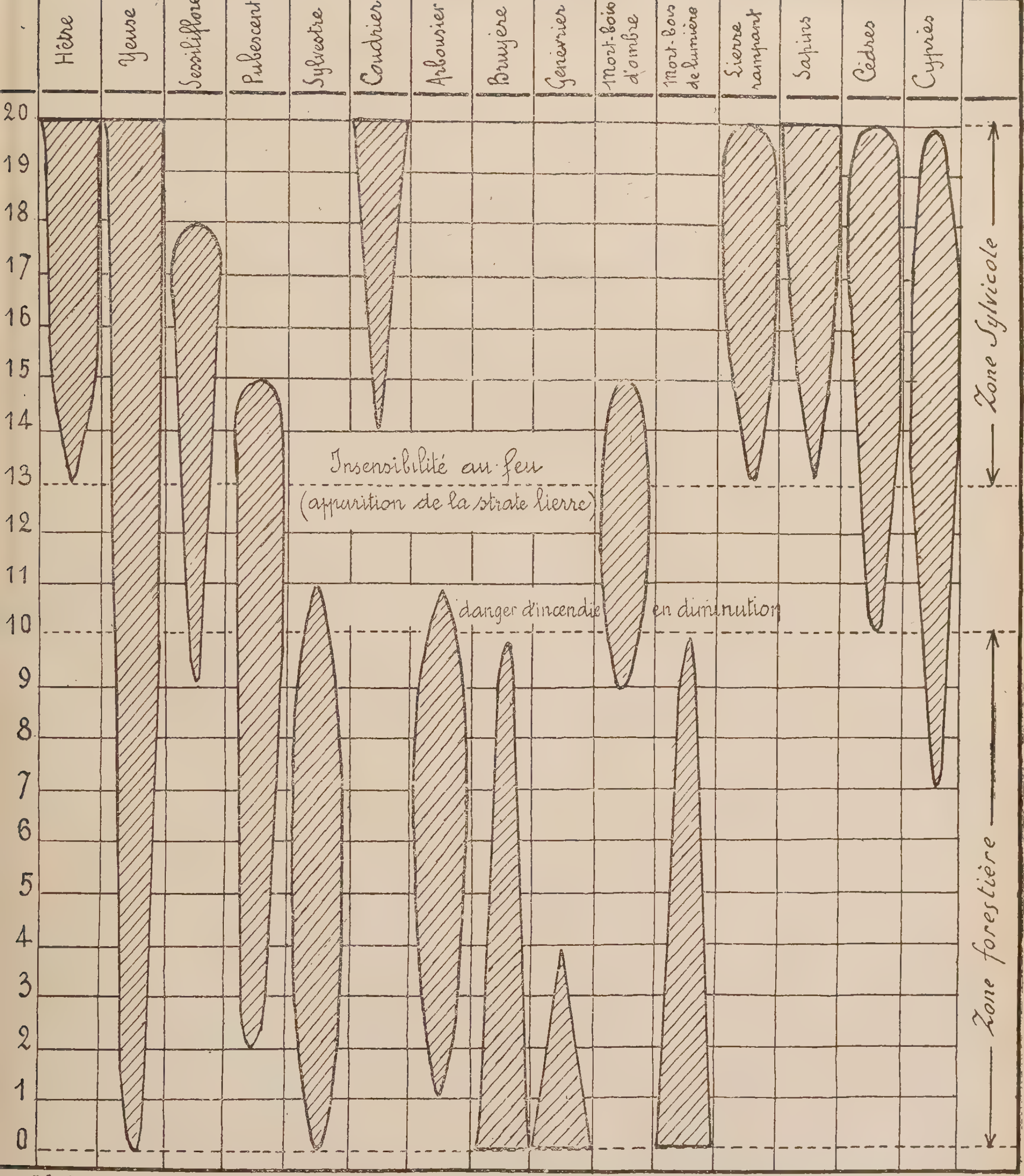
---

rie de formation végétale arborée, de beaucoup la plus fréquente où l'homme fait acte d'occupant, c'est la forêt *dégradée qui évolue* dans un sens ou dans l'autre.

Il précise que dans la forêt primitive les conifères ont vécu en mélange avec les feuillus. Cela paraît, en effet, règle générale en forêt tempérée au moins et peut être aussi en forêt subtropicale.

La forêt primitive n'est aucunement à notre avis forêt de stade progressif maximum ; cependant, de ce point de vue, M Chevalier s'éloigne de M. Coventry qui voit le chêne comme peuplement caractéristique d'une forêt définitive. Mais, est-il possible de concevoir le massif *définitif* en une formation en évolution et soumise à un dynamisme perpétuel.

ECHELLE DE PROGRESSIVITÉ



Nota. — a) pas d'Arbousier, de Bruyère ni de Sylvestre là où est le Hêtre (en station comparable par ailleurs);

b) dans une même station le Pubescent disparaît quand le Coudrier apparaît;

c) en stations diverses en progressivité atteignant 10, le danger d'incendie diminue (Bruyère, mort-bois de lumière disparaissent), à l'échelon 11 d'autres éléments dangereux s'en vont également (Sylvestre Arbousier) restent seulement en mort-bois d'ombre.

On peut considérer le massif insensibilisé à 13 (apparition du lierre rampant).

A. JOUBERT.

Chapitre II. — **Les Essences**

LE HÊTRE

Sans doute est il installé dans les sols les plus profonds et les plus frais ; il y atteint là les plus belles dimensions.

A l'examen on s'aperçoit d'abord qu'il ne se trouve pas aux expositions Nord seulement ; il est assez fortement implanté dans le canton de Croix de Sablé à exposition générale Sud, et il remonte assez haut dans les pentes. Même observation pour ceux se trouvant dans le canton du Saut de Mulet.

Il est le plus beau dans le fond de vallons, où il débute vers 75 mètres d'altitude. Ce n'est pas cependant une zone de brouillards, la vallée du Rhône ici est peu favorisée à ce point de vue ; nous l'avons fait remarquer au début. Ses caractéristiques très nettes sont seulement :

a) présence uniquement à proximité du monastère (Combe de Borne et Combe de St-Laurent) ;

b) absence totale du pin sylvestre dans sa station.

En se reportant au tableau : coupe transversale on y voit que le massif est essentiellement assis dans sa partie Nord sur trois combes et les deux épines dorsales qui les séparent savoir :

Combe de Cabaresse,
Combe de Borne (celle du Monastère),
Combe de Canet,

Orientation des trois Combes : identique.

Terrain : identique.

Creusement général, maximum à Cabaresse, moyen à Borne, minimum à Canet.

Or, le hêtre n'existe qu'à Combe de Borne ; il est totalement absent de Combe de Cabaresse (ou à priori les conditions lui

seraient plus favorables) totalement absent également de Combe de Canet, où la situation paraît aussi très favorable.

En revanche présence du pin sylvestre là 1re et la 3me ; absence dans la 2me.

Que penser ainsi du hêtre ?

Il nous est impossible de retenir — c'est notre sentiment sans preuve bien entendu — qu'il s'agit là d'une relique géologique, fut-elle simplement glaciaire. La chose est *beaucoup plus simple* ; le hêtre est incontestablement ici une relique, mais peu ancienne ; son aire en terrain comparable devait être bien plus considérable dans de simples époques historiques. Pour Valbonne, Cabaresse et Canet étaient sans doute des stations où il existait, il y a peu de temps encore. Relativement protégé par les Chartreux, à Combe de Borne, il l'a été moins et a disparu dans les deux autres.

Rapprochement à faire : Cabaresse est à proximité de l'ancienne verrerie de Mas de Jols. Canet à l'issu de celle du Chapelas.

Déduction : La protection des Chartreux, immédiatement exercée aux environs du Monastère et où sans doute les concessions et usages divers ne devaient pas s'exercer a ralenti suffisamment la régression du massif ; l'a maintenue à un stade relativement moins avancé et a permis la conservation d'un manteau végétal dont la composition rappelle celle de la formation d'origine.

Il faut également indiquer à ce propos, quoique empiétant un peu ainsi sur le domaine de la phytosociologie, que le hêtre à Valbonne ne paraît pas se trouver dans l'ambiance normale de la hêtraie. Cette ambiance a déjà disparu et a disparue aussi l'association végétale primitive qui devrait la caractériser ; tandis que le hêtre, élément beaucoup plus longévif que les autres éléments de l'association a pu se maintenir. Une indication complémentaire est l'absence de régénération du hêtre. On voit l'intérêt de telles observations. Ainsi que nous l'avons indiqué ailleurs (1)

(1) Notre travail : « Mise en valeur des forêts nouvelles » déjà cité.

les conclusions à tirer par le forestier du relevé qualitatif de la composition des associations végétales existantes, sont particulièrement fragiles, l'utilité de ce que l'on a appelé les caractéristiques des associations devient discutable. Ce qui importe au forestier, c'est chercher à rétablir l'ambiance qui a disparu sans s'arrêter plus qu'il ne convient aux associations existantes.

La présence du hêtre apporte dans ces conditions un témoignage de la plus haute importance sur la possibilité de reconstitution d'un massif de bien plus haute progressivité ; à condition que des méthodes forestières appropriées soient mises en action.

Dès maintenant il est possible de conclure que les cantons de Cabaresse et de Canet sont des stations où le redressement du massif pourra aisément et rapidement se pousser à l'ambiance de la hêtraie, mélangée au chêne rouvre, pour peu que le forestier consente à y aider.

LE CHÊNE ROUVRE

Les botanistes sont entièrement d'accord à l'heure actuelle, cette espèce se différencie botaniquement du chêne pubescent et ce dernier n'en est pas une simple variété. On les distingue malaisément à Valbonne car le climat ou plutôt la régressivité a donné une certaine pubescence au rouvre. En outre, il y a vraisemblablement de nombreuses hybridations entre les deux espèces.

La carte de répartition montre le rouvre auréolant le hêtre et s'étant, en outre, maintenu dans les stations analogues ou ce dernier n'est pas *où n'est plus*. Il couvre mieux le sol que le pubescent, mais en revanche ne se retrouve qu'en bonne station fraîche ou, au moins, à sol meuble et profond.

Au total son aire de répartition semble être celle que le hêtre *pourrait aisément regagner*. Pour lui-même nous ne savons que conclure au cas d'une progression du massif. Nous hésitons à penser que son aire augmentera très sensiblement en surface ;

car il semble moins frugal que les autres essences existantes. Plutôt qu'une augmentation de surface, c'est, croyons nous, une augmentation de densité qu'il faudrait espérer. A ce titre, il se présente comme élément très intéressant dans la constitution éventuelle d'une futaie jardinée.

CHÊNE PUBESCENT

Elément primordial à Valbonne ; il est partout, avons-nous dit. Il a donné de gros espoirs, toujours déçus ; jusqu'ici partout où il se rencontre les sylviculteurs s'en sont félicités et ont essayé de le conserver. C'était « l'essence précieuse » et c'était aussi le signe d'une bonne condition du massif.

Nous-même, le pensions en 1913. Frappé du fait qu'en stations signalées comme stations de yeuse, il se présentait fréquent ; nous avions espéré en déduire que la situation s'était améliorée vis-à-vis du passé.

Nous avons depuis modifié notre façon de voir et n'hésitons plus à penser aujourd'hui *exactement le contraire.*

Le pubescent se présente comme un des premiers colonisateurs du sol nu repris par la végétation arbustive. A vrai dire, il n'apparaît pas toujours là où consent à apparaître le yeuse ; il semble, au contraire, adopter les meilleurs terrains.

Dans le taillis de yeuse, en calcaire, de la région, le chêne blanc ne se présente que dans certaines circonstances, les meilleures toujours semble-t-il, concordance évidence.

Mais à y regarder de très près, il apparaît et est seulement présent là où le sol est suffisamment profond et susceptible de conserver une certaine humidité. C'est simplement une essence d'un autre tempérament que le yeuse au sujet de l'approvisionnement en eau. Il ne peut s'introduire où se maintenir que dans des limites plus restreintes. Son installation et sa croissance sont alors très rapides. Nous indiquons parallèlement qu'en mauvaises stations le pin est de croissance bien plus rapide que le sapin et le cèdre.

Pour nous le pubescent est essentiellement adapté à un stade régressif déjà fort marqué. Dans les stations nettement en progressivité de la Coupe 27 où le taillis sous futaie est à peu près réalisé sur une petite surface, il est éliminé par le coudrier. Nous verrons comment il se comporte vis-à-vis du yeuse. Nous pensons qu'il aurait tout à perdre à un allongement de révolution. Les courtes révolutions lui sont favorables..... dans la mesure précisément où elles appellent la régressivité.

C'est une essence de grande lumière, ne faisant disparaître ni la strate herbacée a graminées ni les morts bois. Tout au plus à ce point de vue peut-on constater qu'à l'état serré la composition relative des espèces composant ce mort bois a changé.

Et c'est sans doute aussi pour cette raison qu'on ne saurait penser à lui pour constituer une futaie pleine et pure assurée de pérennité. Mais cela ne saurait dire qu'il ne peut avoir large place dans une futaie jardinée composée d'essences mélangées. Ce sera affaire au sylviculteur de le protéger et de la maintenir au mieux des satisfactions économiques de l'heure.

Nous devons dire que sa régénération par semis se rencontre très exceptionnellement même dans les parties largement progressives. Qu'en adviendra-t-il en futaie? On ne peut faire que des hypothèses. Le mieux est de ne rien préjuger en n'oubliant pas qu'une exploitation en taillis, même effectuée à des âges avancés, n'est pas, pour une formation forestière, une situation naturelle.

CHÊNE YEUSE (1)

Nous avons dit qu'elle était son intrication avec le pubescent. A l'étude on constate que :

a) Le pubescent le domine toujours en hauteur (soit en rapidité de croissance) ;

(1) Dans notre étude, « Mise en valeur des forêts nouvelles », soumise en 1927, au concours des « Amis de Nancy », nous avons mis en évidence deux caractéristiques fondamentales du chêne yeuse, non perçues de la sylviculture ;

a) Son tempérament d'essence *dite* d'ombre ;

b) Il n'est *jamais* éliminé par le dernier malgré cette avance. Nous donnons une photographie prise dans la parcelle III de la série d'étude. Dans cette parcelle, après un nettoiement, on distingue avec toute évidence la place du yeuse par rapport au pubescent. Agé de 33 ans, le pubescent forme peuplement dominant ; le yeuse, peuplement dominé (photographie N° 25 et schéma explicatif).

c) A Valbonne, comme ailleurs, le yeuse couvre parfaitement le sol, élimine tout mort bois sous lui, permet très facilement dès qu'il est assez âgé, la constitution de la strate lierre rampant, minimum si désirable à réaliser (Stade réalisant l'insensibilité pratique à l'incendie).

d) A Valbonne, il est également en mélange intime avec le hêtre ; et il supporte aisément *son couvert immédiat.*

e) En revanche, pas plus le rouvre que le pubescent ne supportent le couvert du yeuse.

Ainsi que nous avons conclu dans notre étude de 1927, le yeuse est, sinon essence d'ombre (terme impropre à abandonner), mais essence de stade largement progressif ; rejoignant à ce titre le hêtre et les sapins au haut de l'échelonnement. C'est une essence progressive très plastique, pouvant aller, dans l'échelonnement, de la base au sommet. C'est en plus une essence adaptée à des conditions de grande xérophilie.

---

b) Son arrivée à la suite de la pineraie d'Alep, celle-ci installée d'abord sur sol ruiné. Le chêne yeuse succède alors à titre *évolutif* au pin d'Alep.

Ainsi ne peut se soutenir cette thèse avancée par la sylviculture du mariage désirable, en vue d'un rendement économique avantageux, entre le pin d'Alep et le chêne yeuse dans les massifs languedociens et provençaux (en situation normale bien entendu).

Pas plus qu'on ne saurait songer, plus au Nord, à établir une forêt climatique perfectionnée par mélange hêtre-pin sylvestre, il n'est possible, ici, de songer à établir une forêt climatique perfectionnée par mélange Alep-yeuse.

Dans un cas comme dans l'autre, et pour la même raison, il y a, non pas mariage, mais, tout au contraire, filiation.

Pour maintenir le mélange *anormal*, il faut une intervention brutale, brisant l'évolution progressive, et ramenant la régressivité. Parmi ces interventions possibles : les deux plus commodes à utiliser sont le feu et le pâturage intensif.

On appréciera également combien de telles constatations rendent précaires cette autre conception, préconçue, de la sylviculture et baptisée par elle, alternance des semences.

Nous insistons tout particulièrement sur cette intimité et ce remplacement réciproque, si remarquablement mis en évidence à Valbonne, entre le yeuse et le hêtre. Phénomène d'inversion dira-t-on. Nous n'aimons guère les mots remplaçant les explications absentes !

L'explication pour nous est autre ; le hètre et le yeuse semblent avoir un rôle parallèle dans la nature ; parallélisme qui se transforme en identité dans les points limites, et de contact, de ces deux essences.

Aussi, comme élément de futaie, peut on avoir plus d'espoir avec le yeuse qu'avec le pubescent. Le yeuse sera présent autant qu'on le désirera et paraît pouvoir être l'essence de *secours* là où on ne réussira pas à en avoir une autre. Il est fort curieux à ce sujet que l'Inspecteur Tessier, dans son rapport du 10 août 1862 (qui proposait déjà l'introduction des résineux à Valbonne «dans le but ultérieur de pouvoir aménager la forêt en futaie) » déclarait aussitôt « le chêne vert peut être élevé en futaie pleine ».

Nous partageons entièrement ce point de vue ; M. Tessier ne s'est trompé qu'en une chose ; c'est qu'il proposa le pin comme résineux à introduire.

Nous répétons encore ici que nous ne parlons qu'au point de vue strictement forestier et n'émettons aucun avis sur la valeur économique comparative des différentes essences.

PIN SYLVESTRE

Le pin sylvestre, longtemps classé comme mort-bois et traité autrefois comme concurrent de « l'essence précieuse ? » est scrupuleusement réservé à l'heure actuelle au passage des exploitations.

Il est indigène et, au moins sur les sols siliceux, envahit *systématiquement* les vides et clairières ; la photographie 18 montre son arrivée dans des terrains abandonnés récemment par la culture et la photographie 19 sa prise de possession des terrains

dégradés ; malgré (à moins que ce soit à cause) de la continuation du pâturage ; bien entendu quand une destruction systématique ne vient pas limiter son envahissement.

Vient-il avant ou après la bruyère ? aussitôt peut-être ; en tout cas la bruyère forme quelquefois massif suffisamment dense pour entraver son développement.

Il a, suivant les cas, des formes buissonnantes ou plus élevées ; dans Combe de Canet il donne de beaux fûts, quoique formant au-dessus du taillis un houppier abondant.

Essence très élastique, s'adaptant parfaitement aux circonstances au point de vue morphologique il semble donner déjà à la deuxième génération des formes bien plus régulières qu'à la première (ambiance améliorée).

Notre carte le montre abondant excentriquement par rapport au Monastère. Le canton de Cabaresse, qui s'allonge en parallélogramme étroit au Nord est typique. La densité du sylvestre, zéro, à son origine vers le Monastère va régulièrement croissant au fur et à mesure qu'on s'éloigne pour atteindre 10 à son extrémité, sans que le sol ni l'exposition puissent être mis en cause.

Combe de Borne n'en a pas (exception faite du petit talus B ; arête sablonneuse entièrement drainée séparant 2 pentes escarpées et où il est difficile d'espérer installer un état végétatif satisfaisant).

Le pin sylvestre se montre ainsi essence type de stade régressif ; la concordance de son aire avec celle des grandes bruyères l'établit encore ici. Totalement absent du taillis normal, il ne s'est installé que dans les clairières et ne peut se régénérer que dans les vides. Cantonné à la limite de son aire, sur terrain siliceux uniquement, son rôle paraît être identique ici à celui de grandes éricacées.

L'idée constante qui vient à un sylviculteur, visitant le massif, et que nous avons vu émettre régulièrement, est celle-ci.

Le chêne étant à Valbonne sans grand avenir au point de vue économique (bois lourd, travaillant, et peu utilisable en ameublement), le mieux est de propager le pin sylvestre ; indigène, donc d'installation commode, qui est en outre à croissance rapide et dont le bois a bonne valeur.

Enrésinons donc en pin sylvestre et, faisant bien les choses, choisissons une race noble.

Mais d'abord, la race est le produit du sol et du climat (1) : de l'ambiance dirons-nous. Le sylvestre de Valbonne est apte à s'ennoblir ; et le noble introduit perdra sans doute vite ses titres de noblesse.

Ensuite et surtout on ne *saurait enrésiner avec une essence régressive*, au moins dans le sens que les sylviculteurs entendent donner au mot enrésiner : qui est d'améliorer la situation de forêts feuillues dégradées par l'introduction de résineux. C'est très fréquemment que nous avons dû noter pareille confusion de base. On ne peut enrésiner avec le pin sylvestre ; on bouche des trous, on remplit des clairières et des vides ; c'est-à-dire, on reboise avec lui ; ce qui *n'est pas la même chose* (2).

---

(1) Nous en dirons tout autant des races éventuelles pour d'autres essences. Cependant on pourrait prétendre qu'il y a des races plus ou moins fixées. Mais si elles sont fixées elles ne vaudront pas, au point de vue adaptation, la race indigène; et si elles ne sont pas fixées à quoi bon courir les risques spéciaux à la non adaptation locale.

Le végétal en général (et l'essence forestière en particulier), doit être doué d'une grande plasticité ; plus grande que celle de l'animal à priori; car celui-ci peut se déplacer suivant les circonstances, le végétal ne le peut pas. Cette plasticité a été d'ailleurs notée par la géobotanique.

Cette notion de plasticité paraît fort importante à considérer pour l'essence forestière et paraît devoir donner plus de satisfaction que la notion de race. Il est curieux d'observer que, dans le cadre de notre théorie, le pin, essence de stade régressif (donc de conditions évoluant vers la difficulté), doit nécessairement être plus plastique que l'essence de stade progreesif. N'en est-il pas ainsi ? et spécialement n'en est-il pas ainsi pour le pin sylvestre ; essence type avons-nous dit de stade régressif.

A priori donc nous admettrions plus facilement la race fixée (mais alors il s'agirait d'une variété, presque d'une espèce), chez l'essence de stade progressif.

(2) Nous avons expliqué dans notre étude de 1927 « Mise en valeur des forêts nouvelles » ; que les cyprès avaient toutes les caractéristiques d'une essence *dite* d'ombre.

Nous aurions nous-même aimé pouvoir conclure à l'opportunité du massif de pin sylvestre ; car sa réalisation serait extrêmement facile et obtenue sans aucun frais. Nous livrons volontiers la méthode. Il suffirait de faire alterner pendant une ou deux décades l'incendie et le pâturage du mouton ; on obtiendrait ainsi un magnifique recru en pin sylvestre ; exactement ce que montre la photograpbie N° 19 ; recru que l'on pourrait même aisément annoblir à l'aide d'apports de graines d'origine. Cela reste d'ailleurs conception sylvicole parfaitement soutenable, mais œuvre forestière discutable ; d'autant que l'incendie est un allié encombrant ; qu'il est plus facile d'appeler que de renvoyer, une fois qu'en un massif on lui a laissé prendre pied.

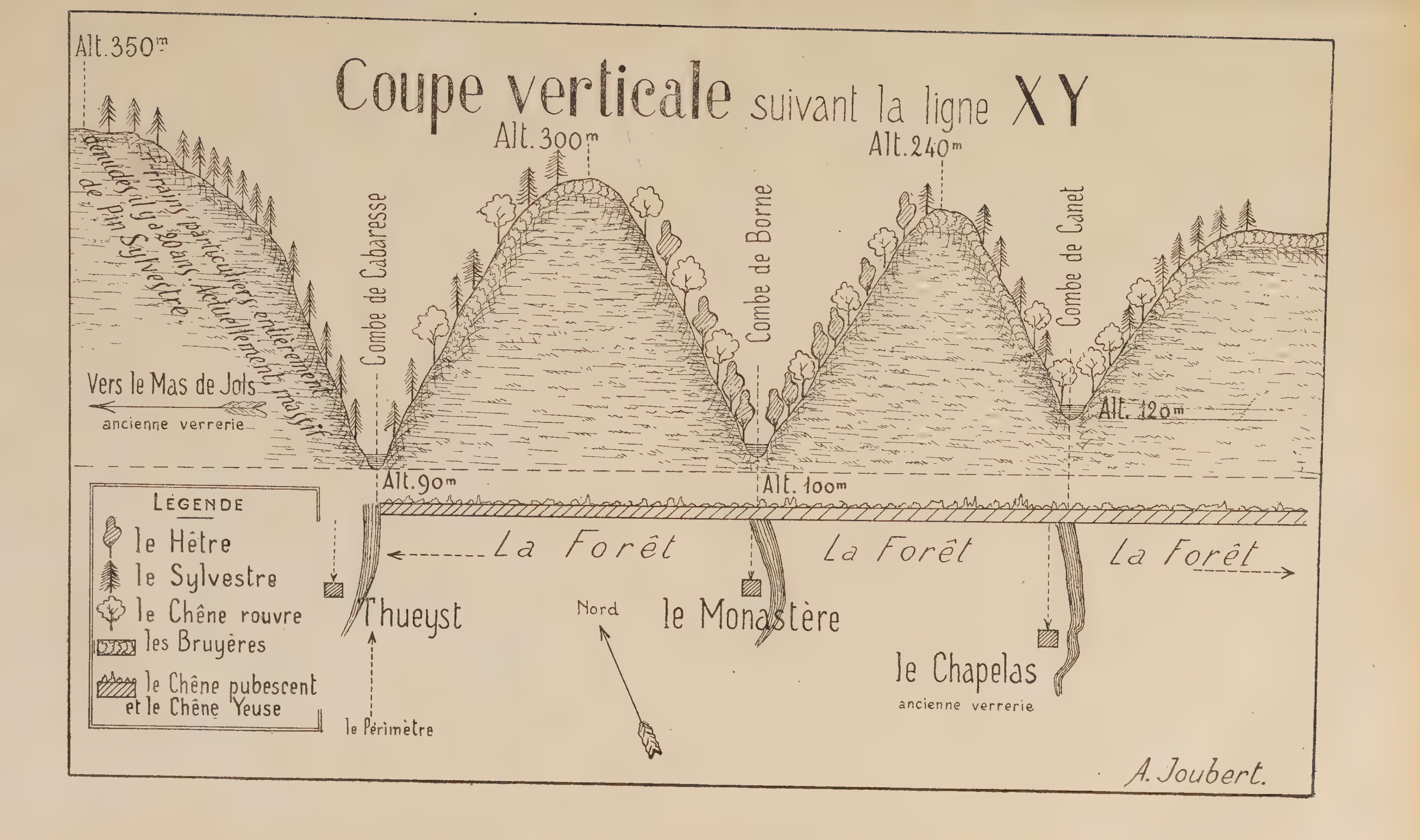
Nous laisserons donc le pin sylvestre à sa place, parfaitement honorable d'ailleurs ; celle d'essence régressive du bas de l'échelle, vouée au reboisement. Nous n'avons ici *plus rien à lui demander* si nous voulons monter plus haut. (Ce qui ne veut pas dire qu'il convient de sacrifier ceux qui existent ; ils sont à protéger là où ils sont car ils nous servent à remonter la pente).

ÉRICACÉES

Les grandes bruyères ont un rôle qu'on ne saurait passer sous silence. Elles préparent en silice, en un stade très régressif, une évolution progressive. Elles paraissent susceptibles d'améliorer nettement l'ambiance ; elles couvrent le sol d'une façon non négligeable et sont capables d'accumuler un humus permettant l'installation du chêne si un recépage inopportun n'intervient pas. Nous avons dit quel était à ce point de vue le parallélisme de leur rôle avec celui du pin sylvestre.

Mais cela est surtout vrai pour Arbutus Unedo qui est très nettement à ce titre essence forestière importante, *préparant* la venue du chêne vert.

Il est d'ailleurs assez remarquable de constater que ces grandes éricacées ont terminé leur rôle à partir d'un certain âge, entre 30 et 40 ans ; elles disparaissent naturellement à partir de cet âge si n'intervient pas une mise en régression brutale, par exploitation sylvicole ou incendie par exemple.


Coupe verticale suivant la ligne XY
Alt. 350m
Alt. 300m
Alt. 240m
Terrains particuliers entièrement dénudés il y a 20 ans. Actuellement massif de Pin Sylvestre
Combe de Cabaresse
Combe de Borne
Combe de Canet
Alt. 120m
Vers le Mas de Jols
ancienne verrerie
Alt. 90m
Alt. 100m
LÉGENDE
le Hêtre
le Sylvestre
le Chêne rouvre
les Bruyères
le Chêne pubescent et le Chêne Yeuse
La Forêt
La Forêt
La Forêt
Thueyst
Nord
le Monastère
le Chapelas
ancienne verrerie
le Périmètre
A. Joubert.

Chapitre III. — L'Œuvre future.

Le forestier n'a pas ici, pour le moment au moins, à faire œuvre de sylviculteur.

Il doit :

a) arrêter la régressivité là où elle agit encore et rétablir partout le massif en ambiance progressive ;

b) chercher et trouver un mode de traitement permettant de remonter la pente et maintenir ultérieurement le massif en forme progressive suffisante.

A ce moment seulement le sylviculteur pourra entrer dans le massif pour y jouer le rôle qui lui est dévolu ; savoir tirer de la forêt le maximum de produits désirables, dans la limite où des bonnes règles forestières le lui permettront.

* * *

Arrêter la régressivité, le moyen est simple : il suffit de découvrir le sol le moins possible.

Cent ans passés d'expériences suffisent maintenant à condamner le taillis sous futaie ; il n'a pas été réalisé ; il est irréalisable (1).

Le taillis a très long terme serait un moyen. Quelle que soit la révolution choisie, le massif est mis brutalement en mauvaise posture au passage de la coupe ; aussi arrive-t-on en envisageant ce moyen à cette première conclusion : le terme est à

---

(1) On pourrait envisager le remplacement d'un balivage qui se montre sans issue pour le chêne pubescent et vain pour le chêne vert par la réserve totale de surfaces convenablement choisies. Les tiges pourraient alors se protéger mutuellement et continuer à vivre dans un milieu favorable.

L'essai a été fait dès 1929 dans certaines forêts communales de notre service ; c'est ce que nous avons appelé la réserve de stations à ambiance améliorée.

choisir *d'autant plus long* que la situation est moins favorable. Conclusion forestière curieusement contraire à la conclusion sylvicole, soit dit en passant.

Ce n'est pas seulement à ce titre d'ailleurs que nous nous sommes aperçu déjà que science forestière et sylviculture ne sont pas exactement même chose, et que la confusion amenait des mécomptes.

Que penser en soi du recours à cette simple méthode ? Nous sommes à 30 ans. On peut concevoir un taillis de 40 ans ; au delà ce ne serait plus une exploitation en taillis, mais un massif réalisé à blanc étoc à échéances lointaines.

A 40 ans déjà, et surtout en bonne situation le chêne blanc s'éliminera ; les exemples sont nombreux déjà à 30 et surtout à 35 ans (âge atteint en certains point de notre série d'étude).

Une proportion *importante* de sujets meurt, autant de perdu comme ensouchement. La vitalité des souches restant diminue. Pour le chêne blanc 35 ans paraît un maximum pratique.

A 40 ans, le chêne vert en revanche rejette parfaitement, de 30 à 40 ans il couvre magnifiquement le sol et transforme favorablement l'ambiance. Il supporte l'état serré, voire son propre couvert.

Entre 30 et 40 ans, élimination donc du chêne pubescent et probablement du rouvre en faveur du yeuse. Eliminer les chênes à feuilles caduques systématiquement n'est pas à priori un but désirable. Enfin, dans les stations les plus fraîches, ce n'est pas le chêne vert, mais bien le coudrier qui va rester.

La vérité et la sagesse seraient, dans l'hypothèse du maintien du traitement en taillis, la fixation de l'âge d'exploitation entre ces deux termes : 33 ans et 36 ans, suivant l'impression personnelle de chacun. Ceci, bien entendu, en dehors de toute considération sylvicole de rendement argent et de taux de placement, car là aussi il y a opposition entre le forestier et le sylviculteur.

Mais, le traitement par taillis simple avec allongement de révolution, dans les limites de ses possibilités pratiques, continue à être solution discutable et sans avantage très appréciable.

* * *

Reste la futaie. Jusqu'à présent on l'a jugée irréalisable. Voyons les raisons :

1° Impossibilité d'y appliquer un type classique ; raison de paresse ne nous y arrêterons pas ;

2° Eléments constitutifs insuffisants (hêtre à aire limitée, rouvre ignoré, pubescent douteux et yeuse rejeté à priori à ce jour comme élément n'entrant pas en discussion quand il s'agit de futaie).

Les éléments constitutifs sont insuffisants incontestablement si on raisonne sur le stade régressif présent. Mais la mise en réserve va *immédiatement* faire évoluer le massif vers un stade plus progressif. C'est dans cette *future ambiance*, bien meilleure forestièrement, qu'il faut raisonner.

Tout ce que nous avons expliqué du chêne yeuse nous incite d'abord à penser qu'il pourrait être suffisant comme élément constitutif d'une futaie future et qu'il sera précisément toujours présent, là où les autres éléments viendraient à faire défaut. Sa régénération par semis se rencontre quelquefois dès maintenant ; ce que l'on conçoit de son tempérament (essence de stade progressif) nous fait penser que cette régénération s'accentuera en ambiance meilleure et en couvert mieux établi.

Le hêtre pourra sans doute étendre un peu son aire et y donnera en tous cas parfaits éléments de futaie

Le chêne rouvre est certainement beaucoup moins régressif que le pubescent, mais il doit l'être cependant. Nous pensons en tous cas qu'il y a grand espoir à fonder en lui, dans la zone qui deviendra la sienne dans l'ambiance améliorée.

Le chêne pubescent n'a pas place avantageuse en futaie très serrée. Un bon sylviculteur en opérations culturales assez fréquentes et en futaie jardinée assez ouverte, pourra, sans doute, lui laisser place suffisante.

Quant à la régénération par semis de ces trois dernières essences, elle est actuellement pratiquement nulle partout. Mais nous sommes en taillis régressif. Que se passe-t-il à 40, 50, 60 ans et en situation largement améliorée ; nous ne savons pas ; il n'est pas interdit d'espérer.

Nous reconnaissons cependant que le risque de voir le chêne yeuse dominer de plus en plus, et s'établir en peuplement pur est à prendre en considération. Aussi, tels quels, les éléments constitutifs d'une futaie future sont nettement insuffisants. C'est à la futaie mélangée feuillus-résineux, couvrant le sol au maximum, qu'il faut songer, avec traitement jardinatoire permettant d'apporter en des coupes culturales assez fréquentes l'épaulement nécessaire à l'essence précieuse qui serait en état d'infériorité dans la lutte pour l'existence.

Tenant actuellement pour suffisants les feuillus existants (sauf apports éventuels qu'il serait intéressant d'étudier, chêne zeen (1), châtaignier, etc...) c'est dans la collection des essences de stade progressif résineuses (nous abandonnons définitivement le mot d'essence d'ombre) qu'il faut chercher.

* * *

Ce ne doit pas être sans raison que la nature offre partout, en combinaison avec les pins, des essences résineuses très différentes comme tempérament que sont les sapins, les cèdres et les cyprès, pour limiter notre énumération. Les uns et les autres ne doivent pas, à priori, répondre aux mêmes raisons et

---

(1) A notre demande des envois de glands de zeen provenant de la forêt de l'Edough (conservation de Constantiue) ont été effectués ; l'essai de zeen pourra ainsi être tenté à Valbonne et dans d'autres forêts de la région.

philosophiquement doivent avoir un rôle différent. Nous avons toujours pensé qu'il n'était pas superflu de se le demander, et nous avons cru en trouver la raison dans le dynamisme normal qu'est toute chose en la nature ; et particulièrement que représente un massif forestier en évolution constante, soit en régressivité, soit en progressivité.

Les sapins, les cèdres, les cyprès sont, au moins le croyons-nous, des essences adaptées spécialement à l'évolution progressive, chacun d'eux en des contigences spéciales, qu'il serait intéressant d'étudier.

Et eu égard à ces contingences il nous suffirait de choisir ici (1), et le choix fait, de faire entrer dans notre régime nouveau le principe de l'introduction du résineux de stade progressif qualifié, pour une proportion déterminée ; proportion à réaliser avec le temps d'ailleurs.

Les Abiès méditerranéens nous ont paru tout indiqués en première ligne ; au moins dans les meilleures parties, pour de telles introductions. Abies Cilicica, Cephalonica, Numidica et voir Pinsapo sont ainsi déjà introduits depuis plusieurs années. Ils sont à suivre dans leur développement ; mais malheureusement on restera encore longtemps dans l'incertitude quant à leurs possibités de régénération. D'autres sapins xérophiles pourraient également être expérimentés, tels l'Abies religiosa et l'Abies Arizonica.

Les cèdres ont certainement très large place possible ; au moins Cedrus Zibani et Cedrus atlantica, chacun au mieux de

(1) On nous permettra à ce propos de nous élever contre la doctrine commode mais, scientifiquement un peu simpliste, qui est celle de la sylviculture actuelle en ce qui concerne les essais d'essences dites exotiques. Essayez très largement nous dit-elle, parmi celles que le climat peut accepter ; l'avenir se chargera de retenir les meilleures.

Au hasard ainsi, elle nous invite à puiser dans tous les genres résineux, pins, sapins, épicéas, mélèzes et familles spécifiquement asiatiques ou américaines : en multipliant le plus possible les essais pour mettre le plus de chances de son côté.

Dieu saura bien reconnaître les siens disait déjà le proverbe. Nous souhaiterions cependant voir jouer dans ce choix, à très long terme, un discernement basé sur autre chose que la bonne chance.

son tempérament qui n'est, sans doute, pas exactement le même. L'expérience nous permet de n'être plus inquiet sur leur régénération en régime de futaie jardinée.

Nous avons pensé depuis longtemps aux cyprès. Nous croyons le cyprès essence de stade progressif de région chaude et à xérophilie accentuée. Il améliore rapidement le sol, le couvre bien et se regénère fort bien sous son abri (caractéristique d'une essence de stade progressif), ceci au moins pour Cupressus sempervirens. Pour Cupressus Arizonica, que nous expérimentons depuis 1919 (1), nous ne savons rien encore de sa régénération, mais nous n'avons pas de raison de la croire plus difficile que celle du sempervirens ; il nous donne en tout cas, pour le moment, entière satisfaction et il a parfaitement résisté au dur hiver 1928-1929 (Cupressus Benthami nous a donné des mécomptes à ce sujet). Cupressus Lusitanica a été également essayé par nous et paraît devoir donner satisfaction D'autres résineux, de stade progressif (certains Podocarpus particulièrement) devraient aussi être expérimentée.

A ce sujet, nous nous sommes posé une question. Le mélange résineux-feuillus semble, avons-nous dit, être pour les régions tempérées au moins, une particularité normale de la constitution d'une formation forestière naturelle. Ici nous trouvons le pin sylvestre (sans compter le genévrier). Mais, avons-nous dit aussi, le pin sylvestre n'a plus *aucune place* dans le massif amélioré ; et, bien moins encore, le genévrier. Normalement une essence résineuse de stade progressif devrait donc être présente ; avec le hêtre tout au moins. Nous ne l'y trouvons pas.

Il faut bien remarquer que la persistance du hêtre n'a tenu ici qu'à bien peu chose. Normalement, peut-on affirmer, il ne devrait même plus s'y trouver. Or, nous n'acceptons pas la théorie de la relique glaciaire, pas plus d'ailleurs que les explications insuffisantes données par les mots d'inversion ou autres.

---

(1) Les essais d'introduction de cette essence se sont à notre exemple assez largement généralisés depuis dans la région.

Il nous devient par suite tout naturel de penser que l'absence du résineux tient simplement à sa suppression, consommée plus rapidement que n'a été consommée celle du hêtre, seul vestige d'un passé encore très récent. Cette disparition plus rapide est, à la réflexion, normale. Tant par abus d'exploitation que par abus de pâturage ou d'incinération, le résineux de stade progressif s'est naturellement éliminé plus facilement que le feuillu de stade progressif qui l'accompagnait.

Quel pouvait être ce résineux ? Un sapin probablement à notre avis ; non pas le pectiné, mais un autre. Les paléobotanistes ont, croyons-nous, relevé dans le Midi la présence de divers sapins, actuellement disparus ; il est vrai que l'on ne peut déduire de la flore géologique aux possibilités de la flore actuelle ; mais l'existence de sapins méditerranéens, celui d'Algérie et celui d'Espagne en particulier, nous permet d'envisager plus allègrement cette possibilité.

Cela pouvait aussi n'être pas le sapin ; mais peut-être l'if. L'aire de ce dernier, très disjointe, actuellement, en pays de vieille civilisation (et précisément parce que fort disjointe), donne fort à penser. Il existe à la Sainte-Baume, dans le Var, et les forestiers méridionaux savent tous en quelle situation bien spéciale et conservée bien par hasard aussi.

Il se retrouve en Algérie, en Perse, en Asie-Mineure, aux Açores et bien ailleurs (sans compter ses stations septentrionales qui, elles, n'étayeraient pas suffisamment notre hypothèse).

D'ailleurs, il pouvait exister concurremment if et sapin (1). Le tempérament de l'if nous fait supposer qu'il a peut-être un rôle spécial, en station spéciale, rôle ne doublant pas celui du sapin (2).

---

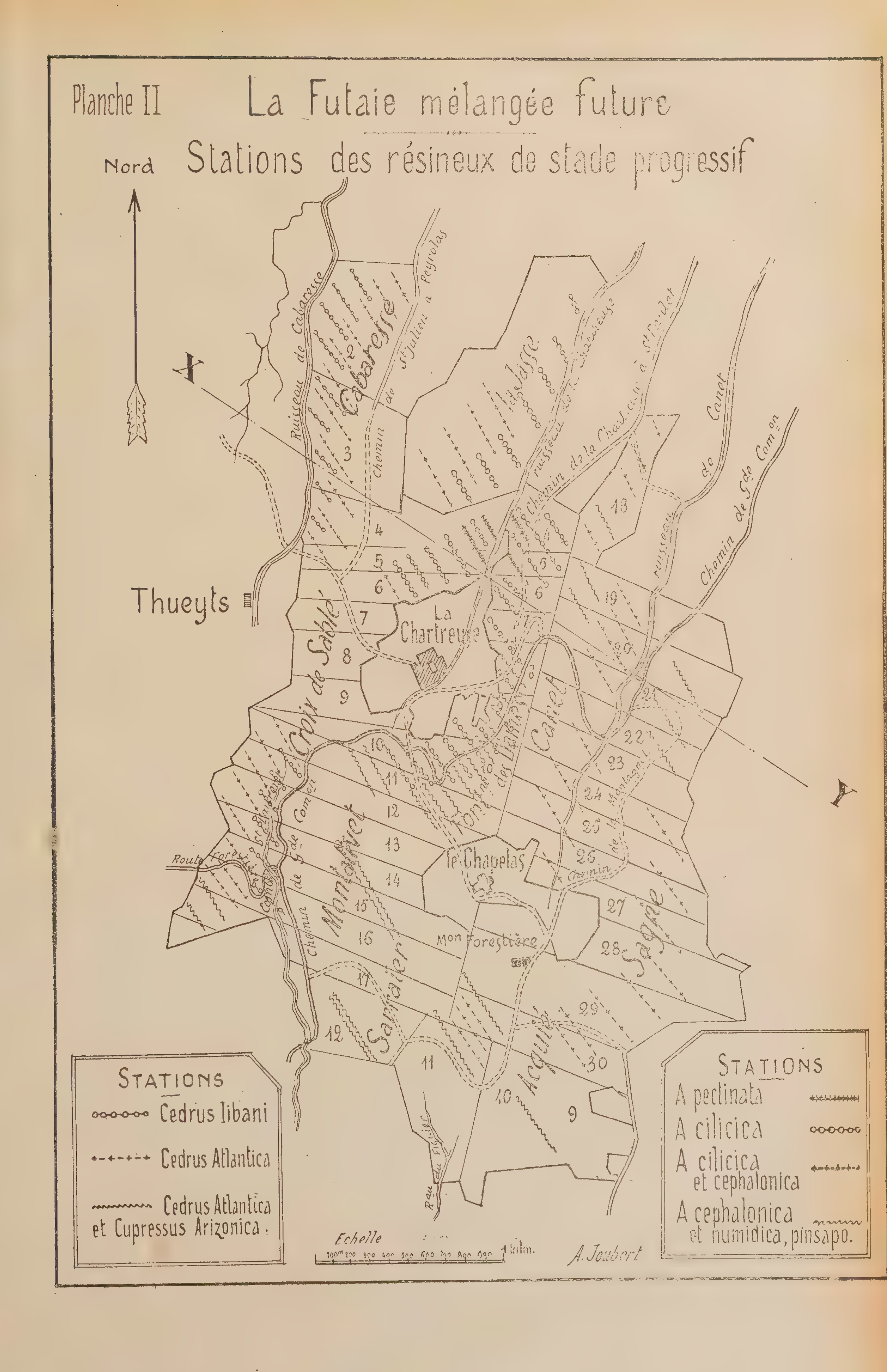
(1) Sans qu'il soit nécessaire de remonter au pliocène, où Abiès Pinsapo pliocena, était sans doute abonnant dans le Sud de la France; un Abiès, qui serait un Abiès pectinata (?) a été signalé par Saporta et Planchon aux environs de Marseille et de Montpellier, au Pléistocène. Or la première période du quaternaire paraît avoir été chaude, au moins dans nos régions. Un Abiès pectinata n'aurait pu être présent que plus tard, dans une des périodes d'interglaciation ; pas tellement différentes, ni tellement éloignées somme toute de la période actuelle.

(2) Cazalis de Fondouce. — (Recherches géologico-archéologiques dans la vallée inférieure du Gardon, Mémoires de l'Académie du Gard (1875), a retrouvé dans

Quoi qu'il en soit, on voit qu'il n'y a pas de raisons qui s'opposent à essayer de rétablir un massif normal de progressivité avancée en cherchant, *non pas au hasard*, mais avec des vues *raisonnées,* une essence résineuse de stade progressif destinée à devenir élément normal de futaie à Valbonne.

---

l'abri sous-roche de la Salpétrière près du Pont du Gard « un sapin aux formes retombantes, probablement un Abies excelsa » gravé sur un fragment d'os plat du Magdalénien.


Planche II
La Futaie mélangée future
Stations des résineux de stade progressif
Nord
Thueyts
La Chartreuse
Le Chapelas
Mon Forestière
Ruisseau de Cabaresse
Chemin de St Julien à Peyrolas
Cabaresse
Croix de Sablé
Montgiver
Sanpailler
Canet
Sagne
Route Forestière
Chemin de Gd Comon
Ruisseau de Canet
Chemin de Gd Comon
Rau du Fisslier
STATIONS
Cedrus libani
Cedrus Atlantica
Cedrus Atlantica et Cupressus Arizonica.
STATIONS
A pectinata
A cilicica
A cilicica et cephalonica
A cephalonica et numidica, pinsapo.
Echelle
1 kilm.
A. Joubert

*
* *

Un programme de travaux particulièrement intéressant peut donc être envisagé à Valbonne.

Reste à se demauder s'il est opportun d'entreprendre dès maintenant pareil programme dans tout le massif et sans préparation préalable ; ou si, au contraire, le taillis est à respecter en certains points, au moins provisoirement,

Théoriquement, on ne voit aucune raison de faire intervenir un stade intermédiaire ; et nous croyons qu'on pourrait s'en passer si les règles d'aide à apporter étaient bien assuréees.

Pratiquement, le recépage du chêne pubescent ou rouvre peut être utile, non pas en rajeunissant la souche (pourquoi la rajeunirait-il), mais en multipliant les tiges, et en remplaçant un appareil aérien devenu trop considérable *en hauteur* (isolé et en milieu xérophile) par un ensemble nouveau, plus étalé, à niveau bas, moins craintif par suite, multiplié en tiges et couvrant mieux le sol.

Même observation pour le yeuse, avec cet autre élément considérable qu'il y a ici *rajeunissement* de la souche. La faculté de drageonner qu'a le yeuse est une véritable régénération pouvant remplacer un seul individu par plusieurs indépendants et faisant souches nouvelles.

Mais cela ne serait utile que là où le sol n'est pas *suffisamment* couvert, où un sol forestier, élément d'ambiance évolutive nécessaire, a disparu et n'a pas pu encore être suffisamment reconstitué. Ce stade intermédiaire paraît être inutile partout ailleurs, et il sera d'autant moins utile que la révolution sera portée à un âge plus avancé.

Cette organisation d'attente sera donc surtout nécessaire en calcaire où la nitrification particulièrement rapide a fait disparaître l'humus, et empêche sa reconstitution, également quelquefois en silice (sol squelettique du géologue) ; mais là, sans doute, moins longtemps qu'en calcaire.

Même en calcaire on trouvera des points disséminés (cuvettes) où ce stade intermédiaire ne sera pas nécessaire ; et où dès maintenant pourront se constituer des centres à ambiance suffisamment améliorée. Ces points devront être soigneusement repérés et conservés, car leur ambiance améliorée rayonnera largement sur leur voisinage et aidera à la convalescence de l'ensemble (1).

Nous ajouterons un dernier mot : l'ambiance améliorée du massif en progression devient à son tour nouvel élément de progressivité, aidant à passer au stade supérieur. C'est la progression géométrique. Il convient donc d'être résolument optimiste.

*
* *

Cette deuxième partie de notre étude est une analyse dans ses 1er et 2me chapitres ; dans son 3me, une synthèse des éléments que l'analyse nous a fournis, synthèse réalisée avec la pensée qu'il doit être est possible de faire sortir le massif d'un stade régressif plus ou moins fixé, pour l'acheminer dans une direction progressive ; celle-ci, conception pure de notre esprit, puisque le passé et l'avenir nous restent en réalité inconnus.

Aussi est-il nécessaire de confronter maintenant notre travail avec ceux du géologue et du phytogéographe et avec l'opinion du forestier indépendant, pour que des conclusions valables puissent être dressées en commun accord.

Nimes, le 20 janvier 1930.

A. JOUBERT.

---

(1) A ce titre nous signalons tout l'intérêt que présente la suppression des enclaves. Ces enclaves : terres, ou anciennes terres de culture, sont précisément les meilleures parties de ces lots déshérités, où actuellement elles constituent *un véritable drain desséchant* dans l'ambiance forestière ; alors qu'elles seraient, au contraire, si elles étaient convenablement reboisées, un excellent point d'appui vers la constitution d'une ambiance meilleure.

CINQUIÈME PARTIE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

L'art du forestier, nous l'avons déjà noté, vise à conduire l'évolution de toute forêt vers un sommet où elle réalisera, au profit de l'homme, la plénitude de sa puissance et de sa productivité ; l'essence précieuse (ou les essences précieuses) y occupent alors la place maxima à laquelle elle peut prétendre.

La forêt est en régression aussitôt que, pour une raison, quelle qu'elle soit, elle cesse de réaliser ce point culminant.

Pour un même lieu, cette régression est plus ou moins accentuée, suivant l'intensité et la durée des causes qui la provoquent. Elle est généralement accompagnée d'une substitution d'essences ; l'essence précieuse est contrainte de céder la place, jusqu'à disparaître, à d'autres essences dites secondaires. La régression est maxima quand elle aboutit à un sol physiologiquement mort, au point de vue forestier s'entend.

*
* *

ÉVOLUTION DE LA FORÊT DE VALBONNE

Dans la nature, hors la présence de l'homme, le taillis simple et aussi bien le taillis composé, n'existent pas. Toutes les masses forestières en taillis qui constituent notamment la presque totalité des forêts des basses montagnes languedociennes

ont pour origine incontestable des massifs dont la manière d'être ne peut avoir été que celle de Futaies Naturelles, plus ou moins claires peut-être, mais se régénérant régulièrement par la semence.

De ces futaies primitives nous ne savons rien ; impossible même d'évoquer leur physionomie, aussi bien que d'être fixés sur l'époque à laquelle remonte leur transformation à l'état de taillis.

Cette époque pourrait bien coïncider avec celle, préromaine vraisemblablement, où l'apparition, puis le développement des industries du fer et du verre, amenèrent l'homme à orienter la production des forêts en vue de la satisfaction de ses besoins en bois, seul combustible alors à sa disposition.

C'est ainsi qu'on ne sait rien de l'évolution de la forêt de Valbonne à travers les siècles ; à peine a-t-on la connaissance authentique, de la présence des derniers verriers dans son massif, à la fin du 18e siècle. Son histoire forestière ne commence guère qu'en 1825, date à laquelle, devenue forêt domaniale, elle fut soumise au régime forestier.

Une légende s'est créée, que certains Officiers des Eaux et Forêts ont perpétuée au cours du 19e siècle, et qui n'a encore pas perdu tout crédit, à savoir qu'une imposante futaie de chênes l'aurait peuplée sous la domination des Chartreux.

Il est possible qu'une abondante réserve de vieux chênes ait pu de tout temps être conservée autour du Monastère de la Chartreuse ; mais il ne peut s'agir que de bouquets localisés formant surtout façade d'agrément.

L'état de dégradation avancée, constaté pour l'ensemble du massif, dès l'origine de la gestion du Service forestier, indique péremptoirement que la forêt de Valbonne a eu dans le passé le même sort relatif que les autres forêts de la région, et qu'en particulier l'état de taillis y domine et s'y perpétue depuis des siècles sinon depuis un ou deux millénaires. *Le problème qu'elle pose ne peut pas être abordé sous le signe d'une autre conception.*

En réponse aux cris d'alarme jetés, peut on dire, comme leit-motiv par chaque génération de forestiers prenant contact nouveau avec cette forêt, d'heureuses suggestions n'ont cependant pas manqué d'être données, notamment par l'Inspecteur Tessier (1862), forestier de grande classe, sur lequel pèse un regrettable oubli.

Toutes ses observations étaient à retenir et auraient dû être mises à profit, particulièrement celles ci, qui n'ont rien perdu de leur valeur :

« Le taillis de Valbonne reposant sur des souches surannées « est incapable de donner de bonnes reproductions.

« Les baliveaux de l'âge reposant sur de très vieilles souches « ne peuvent être que malvenants ; peu d'entr'eux seront en « état de dépasser l'état des modernes.

« Le peuplement de Valbonne doit être *rajeuni* et non seulement « ment complété, mais encore *régénéré artificiellement.*

« Enfin, il faut réaliser le mélange feuillu et résineux, étant « entendu que le chêne vert (c'est là la première réhabilitation « de cette essence), sera reconnue essence principale et élevée « elle aussi en futaie ».

Il faut regretter que le Service, malgré cette vue prophétique de la situation et de l'avenir de la forêt de Valbonne, en l'absence d'une bonne technique forestière et sacrifiant aux conditions économiques de l'heure, ait persisté dans l'application des pratiques stérilisantes qu'une circulaire officielle du Conservateur Canferra en date du 10-8-1864, devait généraliser dans tous les services. Quel mot d'ordre, lourd d'erreurs et de fâcheuses conséquences, que celui de tout sacrifier à l'isolement de l'essence déclarée précieuse — le chêne pubescent, — de nettoyer systématiquement le parterre des coupes par le recépage draconien des traînants et des morts-bois, et de parfaire la méthode dans l'intervalle des coupes principales, par l'assiette échelonnée de nouvelles coupes, de morts-bois, d'élagage, et d'éclaircie-nettoiement.

Quand on fait état des merveilleuses qualités du chêne vert, de son étonnante plasticité, de son tempérament rustique, *de*

son comportement d'essence d'ombre, grâce à quoi il s'accommode du couvert non seulement du chêne blanc, son commensal et concurrent privilégié à Valbonne, mais encore des pins et même du hêtre, on regrette que l'idée ne soit pas venue plus tôt de tenter de lui faire jouer au moins ce rôle d'essence secondaire de couverture et d'amélioration du sol (1).

L'analyse et la critique des résultats d'un siècle de gestion, apportent la preuve, qu'en maintenant le régime du taillis, le Service forestier devait consolider l'état de régression du massif ; le mieux que l'on puisse en dire, c'est qu'il l'ait stabilisé, ce qui est moins que certain.

LE TAILLIS EST UN OBSTACLE A L'EXTENSION DE L'ESSENCE PRÉCIEUSE

Le Phytogéographe confirme, si on pouvait encore en douter, la décrépitude du peuplement de la Forêt de Valbonne.

Il en découvre les signes :

dans la discontinuité qualitative, c'est-à-dire dans le fait que l'essence précieuse n'occupe pas, et de loin, la place maxima qui devrait être la sienne, éliminée qu'elle est par des espèces spéciales capables à son détriment, d'une colonisation rapide des vides.

dans l'incorporation au massif de plantes sociales installées à demeure.

Il en impute la cause :

dans le maintien du mode de traitement en taillis.

---

(1) Il devait appartenir à M. Joubert de faire reconnaître ce comportement du chêne vert en essence dite d'ombre, expression qui lui paraît à juste titre impropre et qu'il voudrait voir remplacer par celle d'essence de stade progressif.

Pénétrant ensuite plus avant dans la connaissance du comportement relatif de toutes les essences présentes à Valbonne, il a été amené dans ce qu'il appelle « l'échelle de progressivité des essences » à situer le chêne-vert au sommet de la hiérarchie des essences précieuses (forestièrement parlant), dont le concours doit être requis pour restaurer la forêt de Valbonne.

A noter aussi que, dans le même temps, où M. Joubert fixait ainsi ce comportement du yeuse en essence de stade progressif, il reconnaissait le même caractère aux cyprès.

Hors de l'intervention de l'homme, en effet, une « Formation », quelle qu'elle soit, tend à s'ouvrir d'elle-même, plus ou moins vite, mais fatalement.

Dans les forêts où une ambiance favorable a pu être maintenue (sapinières des Vosges et du Jura, par exemple), c'est le roncier lui-même qui s'entr'ouvre, laisse filtrer au travers de lui la graine précieuse et sert d'abri au jeune plant.

Dans d'autres forêts de montagne, c'est le coudrier qui remplit ce rôle utile.

Dans la forêt de Valbonne, la graine précieuse, celle de l'Yeuse notamment, trouverait à s'installer sous les arbousiers, les filarias, les pistachiers, les genevriers, même sous les grandes bruyères, et éliminerait ensuite sous lui, avec le temps, tous ces morts-bois.

Avec un fourré d'essences sociales telle la callunaie, l'évolution vers une formation arbustive serait extrêmement lente, mais elle serait non moins certaine.

Avec le régime du taillis, et cela d'autant plus que la périodicité des coupes est plus fréquente, le mort-bois tend à devenir *un appareil permanent.*

Son rajeunissement par rejets, et par semences à la faveur de fructifications rapides et régulières, empêche toute extension de l'essence précieuse.

L'expérience montre que c'est à peu près au moment où le peuplement atteint l'âge fixé par la révolution (30 ans) que le mort-bois commencerait à s'entr'ouvrir, et à laisser passer quelques graines de l'essence précieuse.

Qu'est-ce à dire, sinon que, pour aider à régénérer la forêt, il faut renoncer au Régime du taillis, et laisser vieillir le peuplement comme toute la végétation sous-jacente.

Le Phytogéographe et le Forestier se rencontrent donc (1930) pour prononcer définitivement *ici,* la faillite du Régime du taillis, dont la constitution de la série d'étude Ducamp-Joubert (1925) avait sonné les premiers glas.

* * *

Pour saisir le dynamisme de la régression du peuplement de Valbonne, il a bien fallu que le Phytogéographe en caractérisât les différents aspects actuels ; c'est ainsi, que du point de vue purement statique, il a été amené à distinguer sur Silice, un stade réactif de l'appauvrissement extrême, stade à Corynephorus canescens (1), un stade intermédiaire à Erica scoparia et Arbutus Unedo (taillis sec) et un stade supérieur, correspondant au meilleur état actuel de la forêt, stade à Coronilla Emerus et Rhamnus Frangula (taillis frais).

Mais aucun de ces stades, quelque caractérisé qu'il soit, ne doit être tenu pour définitif. Il y a des glissements constants de va et vient des uns vers les autres.

La forêt est partout en équilibre instable, en évolution progressive sur certains points, en évolution régressive sur d'autres.

Si le Forestier n'y prend garde, assez rapidement le taillis sec pourra évoluer vers le stade à Corynephorus, tout comme au taillis frais pourra se substituer de proche en proche un taillis sec.

La substitution du taillis frais au taillis sec peut être acquise par le relèvement du couvert, celui ci réalisé à la faveur soit d'un accroissement de la durée de la révolution amenant par vieillissement l'allongement des perches du taillis, soit d'un balivage massif sur les points où l'opération est possible, soit encore par la création artificielle d'un peuplement évoluant vers un massif serré et élevé.

Le Phytogéographe a parfaitement noté sous un perchis artificiel *de chêne pubescent* un commencement de réalisation de cette transformation du taillis sec, en un taillis frais.

Or, c'est au stade du taillis frais, et rien qu'avec lui, que commence à s'accuser nettement une ambiance favorable à la régénération des essences précieuses, sur un sol où le mort-bois a été

(1) Très rarement atteint dans la forêt de Valbonne.

à peu près totalement chassé, à travers les mailles d'un tapis continu de lierre, si on ne rencontre encore qu'extrêmement peu de régénération en chêne blanc, en hêtre et en rouvre (ces deux dernières essences précieuses n'appartenant qu'à ce stade et ne se perpétuant que dans son ambiance), on note déjà la présence de brins de semence *de chêne vert* bien apparents.

La Futaie est donc en puissance dans le taillis frais de la Forêt de Valbonne.

Le Forestier qui a dans ses vues de substituer la Futaie au Taillis, se voit ainsi autorisé à préparer immédiatement son avènement en partant du Taillis frais à Coronilla Emerus et Rhamnus Frangula.

LE FORESTIER DISPOSE-T-IL SUR PLACE D'ÉLÉMENTS SUFFISANTS POUR TENTER LA CONVERSION DU TAILLIS DE FUTAIE ?

Ici encore les données du Phytogéographe sur le matériel déjà en place sont précieuses, car elles nous fixent sur le comportement relatif des essences existantes.

Yeuse et Chêne blanc. — C'est d'abord le chêne yeuse qui est à l'honneur. Sa plasticité, sa frugalité, *son comportement d'essence d'ombre* et le fait *qu'il nettoie et améliore sous lui*, sa faculté de drageonner qui lui permet d'occuper une place beaucoup plus longtemps que son concurrent le chêne blanc, indique qu'à Valbonne l'Yeuse peut et doit avoir sa place dans la préparation et dans la constitution même de la Futaie future.

Dans la région de Valbonne, le chêne blanc qui appartient au Climax, colonise directement les marnes fraîches sur anciennes cultures (Braun Blanquet a noté ailleurs le même fait). Même sur ces terrains de choix pour lui, le chêne blanc n'éliminera pas totalement l'Yeuse. Ces deux essences ne peuvent pas *ici*, s'éliminer *complètement* l'une l'autre. Un équilibre doit tendre à s'établir au Climax, avec quelques variations d'amplitude au profit de l'une ou de l'autre, suivant les circonstances favorables à l'une ou à l'autre.

Le Hêtre. — Le hêtre, tout fortement accroché qu'il soit, ne paraît pas susceptible d'une extension notable ; sa propagation ne peut guère se faire que par lui-même, et quelque peu par le rouvre (Q. sessiliflora), qui apparaît en étroite liaison avec lui, le rouvre formant en quelque sorte auréole autour de lui. L'extension du rouvre par amélioration de l'ambiance, peut entraîner indirectement celle du hêtre.

Le Pin Sylvestre. — Dans la région de Valbonne apparaît une essence que l'on peut à priori s'étonner d'y rencontrer avec une telle abondance ; c'est le pin sylvestre. Il s'y montre avec le caractère essentiel, de *pionnier des sols dégradés* ; c'est-un bouche trou de premier ordre. Si le trou se généralise, c'est-à-dire si la forêt se dégrade en masse, il peut devenir dominant jusqu'à constituer massif pur et plein. (Voir photographies N°s 18 et 19.)

Dans la forêt même de Valbonne, il n'est guère que dispersé, ou par taches de minime importance ; et il ne semble pas qu'il ait un rôle de quelque importance à y jouer dans la conversion projetée du taillis en futaie. Son couvert léger laisse pour le moins s'installer la pelouse sèche à Brachypodium, aliment en place d'un incendie toujours possible ici, et surtout obstacle, par le fait du lacis de ses racines, à la pénétration dans le sol de la radicule du jeune pin. Cette essence tendrait ainsi à se chasser elle-même par défaut de regénération, et à laisser maître de la place, le mort-bois qui déjà tend à s'insinuer sous son couvert.

Disons nettement ici, une fois pour toutes, que les autres pins (Alep, maritime, pin noir) n'ont pas de rôle plus important que celui du sylvestre à jouer dans la forêt domaniale, ils sont déjà en place (en application du plan Falque) partout où leur présence peut être désirable.

Le Climax. — Le climax semble ainsi devoir être en forêt de Valbonne, un peuplement mélangé de feuillus, mélange des trois chênes, surtout l'Yeuse (dominant) et le pubescent, avec tâches de rouvre et hêtre au endroits frais.

Avec les chênes il y aurait place aussi pour les essences d'accompagnement qui sont d'ailleurs en place, notamment l'ormeau, le peuplier tremble, le cerisier, et surtout l'alisier torminal qui se rencontre déjà partout.

Il faut bien dire que ce ne seront pas les individus, pas plus que les emplacements, qui seront stabilisés au climax ; *c'est le mélange*, mélange qui variera, avec prédominance locale de telle ou telle espèce, pour un temps très variable. *Le Climax n'est pas immuable* ; il vient en son temps, mais sa composition floristique quantitative peut se modifier.

Dans l'ambiance aujourd'hui faussée de Valbonne, le Yeuse est ainsi la seule essence améliorante à couvert épais à laquelle nous puissions faire appel sur place.

Elle ne pourrait suffire à remplir la mission qui lui serait dévolue. Il faut bien reconnaître d'une part que si du point de vue strictement forestier il est heureux de constater que, dans le climax, le Yeuse est appelé à devenir dominant, le point de vue économique s'accommoderait beaucoup moins bien de la prédominance d'une essence qui, pour l'heure, ne semble pas devoir donner des produits particulièrement recherchés.

D'autre part et surtout, l'extension de son aire actuelle, très lente par la voie naturelle, est à peu près impossible à accélérer par la voie artificielle de semis ou de plantations, de réussite toujours aléatoire. Or, il faut aller vite, et trouver autre chose. C'est parmi les résineux que nous irons chercher les essences à couvert épais, qui nous manquent et dont nous avons besoin. Certains sont déjà expérimentés depuis plusieurs années dans le massif, et semblent devoir donner des résultats intéressants. Ce sont :

Cupressus sempervirens, Arizonica, Benthami et Lusitanica ;
Cedrus Atlantica et Libani ;
Abiès Cilicica, Cephalonica, Pinsapo et Numidica.

Cette liste n'est pas limitative.

Nous entendons bien faire appel s'il le faut à d'autres essences exotiques, qui sont à chercher (1) — nous accepterons des suggestions — afin que dans un délai le plus rapproché possible, nos successeurs puissent, en connaissance de cause, arrêter leur choix définitif sur les espèces à conserver et à propager.

Si nous prenons ici position nette pour rompre avec le passé, qui est un grand inconnu pour nous — nous l'avons montré —, nous entendons bien préciser que nous ne prétendons pas dire ce que sera l'avenir, autre inconnu.

Nous avons l'ambition d'apporter des matériaux avec lesquels nos successeurs feront, comme nous, ce qu'ils pourront, et cela seulement.

Tout ce que nous pouvons affirmer, c'est que pour passer de l'état actuel de dégénérescence de la forêt à un état plus sain, un long temps de convalescence devra s'écouler.

Ce sont les conditions dans lesquelles nous allons engager et orienter cette convalescence, et elles seules, qu'il nous appartient de fixer. Les voici :

A) Choix du traitement.

Le peuplement définitif que nous concevons et vers lequel nous proposons d'orienter la forêt, sera un peuplement mélangé d'essences résineuses et feuillues, qui ne peut s'accommoder que d'un traitement en Futaie jardinée.

Renseignés comme nous le sommes sur les effets désastreux d'une insolation et d'une lumière trop intenses, nous devons nous garder de recourir à un traitement qui, à un moment de son développement, laisserait le sol découvert sur de grandes étendues ; la trouée doit, de ce point de vue, être substituée à la coupe rase, et cela entraîne encore le choix du traitement en Futaie jardinée.

C'est donc ce traitement que nous adopterons.

---

(1) Des essais d'autres essences sont tentés, sur lesquelles il serait prématuré d'émettre un avis.

B) Premières opérations.

La réalisation de la Futaie est subordonnée au rétablissement préalable de l'ambiance qui doit signifier notamment réalisation des conditions favorables à la régénération des essences précieuses.

Pour y atteindre, dans l'état actuel de la Forêt, il faut, suivant l'expression typique du Phytogéographe :

Sur Silice, ouvrir le fourré ;
Sur Calcaire, fermer la clairière.

Ouvrir le fourré c'est pour le Forestier, l'obligation de réaliser un couvert *élevé*, *dense* et *persistant*, devant amener, par étiolement, l'anéantissement complet du mort-bois.

Cette réalisation est immédiatement possible dans le taillis frais à Coronilla Emerus et Rhamnus Frangula.

Dans son emprise, il faut :

1° Généraliser le régime déjà adopté pour la série d'étude Ducamp-Joubert, comportant l'assiette de coupes d'éclaircie-nettoiement, à mener très légères, n'entr'ouvrant pas le couvert, et devant aboutir par l'allongement des fûts et le développement des frondaisons, à relever et à épaissir davantage le couvert.

2° Etendre dans le sous-bois les opérations d'enrésinement, déjà commencées, elles aussi, avec des essences résineuses à comportement d'essence d'ombre, et pour le moins à couvert épais.

Dans l'emprise du taillis sec à Erica, le premier but à atteindre sera celui de sa transformation en taillis frais, transformation déjà naturellement amorcée et annoncée sur certains points par la présence sporadique du lierre.

Dans le cadre de l'aménagement actuel, avec le concours des mêmes essences résineuses retenues pour le taillis frais, on

commencera l'enrésinement des sous-bois par tâches, dans les parties les *plus fertiles,* car ces essences sont exigeantes.

Il s'agit de constituer des îlôts de forêt en progression que l'on fera se rejoindre ensuite.

Des points d'enrésinement seront recherchés, les plus nombreux possible, en plein fourré dense, là où le mort-bois marque, par vieillissement, une tendance naturelle à s'ouvrir et à évoluer vers le roncier.

En thérapeutique forestière, si l'on peut dire, tout comme en thérapeutique médicale, il faut surtout laisser agir la nature et n'intervenir que dans le sens de son action.

Or, le mort-bois qui vient à son heure, est une *heureuse réaction* de la nature réparant ses plaies. Il faut *bien le comprendre,* et l'ayant compris, lui laisser jouer son rôle, en se gardant bien de le recéper, car ce serait tout *remettre en question,* et retarder ainsi la solution.

La conversion en futaie sera envisagée quand on aura réalisé une ambiance comparable à celle de l'actuel taillis frais.

Fermer la clairière. — Ici sur calcaire le problème apparaît autrement complexe que sur silice.

Ce n'est pas seulement à un taillis sec, discontinu, à allure régressive accentuée que nous nous heurtons, mais encore à la garrigue de Valbonne ; garrigue spéciale, il est vrai, à caractère semi-montagnard, et qui jouit ici, par le fait du régime forestier, de l'avantage d'être protégé : relativement contre le feu, et totalement contre la dent du mouton.

Pour être moins accusée que sur la garrigue néocomienne des bas-plateaux du Gard et de l'Hérault, la dégradation n'en sera pas moins très longue et très difficile à réparer.

Nous n'attendons une amélioration sensible de la situation actuelle que dans le maintien du régime du taillis à la révolution maxima de 36 ans.

Il faut de toute urgence réaliser un couvert du sol, *quel qu'il soit,* y compris le mort-bois qui est en place, nous nous en sommes déjà expliqué (supra), qui permette à la nature, par la flore

et par la faune, de reconstituer, sous toujours plus de couvert, un sol et un humus forestiers.

Nous envisageons ainsi la constitution progressive d'une futaie, de moins en moins claire, composée d'abord de bouquets d'essences feuillues en place, puis et dès qu'on le pourra, de résineux d'ombre, sonmise à un jardinage cultural approprié, au-dessus d'un taillis de plus en plus compact.

Quand l'occasion s'en offrira, en effet, et nous savons dès maintenant que plus d'une place s'y prête, on ne manquera pas d'introduire quelques résineux améliorants, cyprès et cèdres, notamment.

C'est de l'intégration d'une multitude de petits moyens, mille fois mis en œuvre, qu'il faut attendre une amélioration, qui de longtemps ne sera pas satisfaisante.

Mais parce que le succès n'est pas assuré immédiat, faut-il renoncer ? Non ; nous voulons être optimistes. Nos successeurs aviseront.

Ce faisant, nous ne perdrons pas de vue que nos décisions sont à répercussion lointaine, et que cela nous impose de nous tromper le moins possible. Dans des régions à ambiance forestière favorable, telles le Jura et les Vosges, les mutilations n'ont qu'une répercussion restreinte et rapidement localisée. C'est que la surface seule est modifiée ; le fond reste en puissance de réagir. Mais dans nos régions méditerranéennes, surtout en station calcaire, ouverte, toute faute se paie, et se paiera lourdement, aussi longtemps que n'aura pas été restaurée une ambiance forestière, seule génératrice d'une solide puissance du fond.

* * *

Dans tous ses actes de gestion, quand il est sur le terrain, le Forestier « sent » l'orientation à donner à son action ; il est guidé par un « instinct », synthèse de science et d'empirisme, qui ne le trompe guère, quand cet instinct est le fruit de la réflexion mise au service d'une bonne éducation forestière, et d'une constante observation de la nature.

Au cas particulier de la forêt de Valbonne, n'est-ce pas d'instinct que l'Inspecteur Teissier (1862) avait parfaitement compris les raisons de la régression du peuplement et indiqué des moyens sûrs d'améliorer cette fâcheuse situation ?

C'est ce même instinct, qui a présidé à la constitution de la série d'étude Ducamp-Joubert (1925).

Nous croyons avoir montré que l'intervention (1930) du Phytogéographe (dans les travaux duquel se mêle aussi une part d'empirisme), en mettant au point par l'observation, le dynamisme de la régression du peuplement de Valbonne, était heureusement venue confirmer, consolider et élargir les vues d'instinct du forestier.

Notre conclusion sera donc formelle ; *le Forestier méditerranéen* a beaucoup à attendre d'une collaboration avec le Phytogéographe.

Et nous ajouterons aussitôt, que ce dernier n'aura, quant à lui, rien à perdre à ce contact.

∴

Avant de clore ces études, et comme conséquence de ces études mêmes, nous voulons assurer quelques principes que voici :

« L'étude statique des associations, telle que l'envisagent les botanistes, ne peut pas servir de base à une meilleure compréhension de la forêt. Les « caractéristiques », qui sont le critère actuellement admis par beaucoup de Phytosociologues, sont considérées par eux comme des réactifs de l'Association. Elles ont malheureusement une tare, contre laquelle les botanistes les plus habiles ne pourront rien : *il est très rare qu'elles soient constantes*. Il faut donc avoir la chance de mettre la main dessus pour pouvoir tirer tout le profit que l'on serait en droit d'attendre d'elles, si elles indiquaient vraiment des peuplements forestiers déterminés. Et si elles avaient ce pouvoir, le Forestier serait simplement conduit à introduire des essences par semis ou plantation, car elles ne préparent pas « *naturellement* » la venue de ces essences.

Il faut beaucoup de plantes et d'espèces diverses pour que cette venue naturelle puisse se produire. Et il faut surtout une lente préparation du milieu, par une évolution du tapis végétal qui l'achemine vers l'élaboration progressive de la forêt. Dans la suite naturelle des épisodes de cette évolution, il n'y a de stabilisation possible que dans le climax, c'est-à-dire dans un groupement biotique qui ne tolère plus que des variations quantitatives. Il convient de chercher ou de provoquer dans ces épisodes multiples les stades à partir desquels les peuplements forestiers peuvent s'épanouir.

De plus, en supposant qu'une espèce puisse nous indiquer une vocation forestière déterminée, nous dira-t-elle comment se comporteront plus tard les essences qui auront pris pied? Il ne faut pas perdre de vue que la valeur d'une forêt est fonction de la vitalité de ses sujets et que cette vitalité est elle-même fonction de l'ambiance. Or, l'ambiance est créée par la végétation principalement. C'est donc celle-ci qui doit retenir l'attention du Forestier, comme étant en rapport direct et étroit avec le souci constant de ceux qui sont chargés de maintenir ou de réaliser la forêt, c'est-à-dire de maintenir ou de réaliser une ambiance. *Nous sommes conduits par là à une certaine méfiance vis-à-vis des espèces indicatrices autrefois reconnues, et vis-à-vis des caractéristiques actuellement en vogue.*

Ainsi la forêt de hêtre sera-t-elle réalisée, lorsqu'on y remontrera *Asperula odorata?* Il est assez piquant de voir cette espèce caractéristique de la Hêtraie, prendre une belle extension, en peuplement pur, aux lisières ou dans les clairières (forêt des Colettes, Allier). Dans un bon massif, elle devient sporadique. Il y a même de fort belles hêtraies qui en sont totalement dépourvues. La vitalité diminue au fur et à mesure que le bon massif se constitue. S'il plaît au botaniste de la considérer comme caractéristique de la hêtraie, le Forestier doit se méfier de son extension comme d'un signe de dégradation du massif.

Des exemples analogues ne manquent pas à Valbonne. Le Phytosociologue y soulignerait volontiers la présence du *Melittis Melissophyllum*, car cette espèce est réputée caractéristique du

chêne blanc ; *le Daphne Laureola* y serait considéré comme caractéristique du Rouvre. Mais le premier se développe surtout dans les taillis clairs, et le second, plus sciaphile, nécessite un couvert plus élevé ; il est d'ailleurs aussi fréquent, à Valbonne, sous le hêtre, que sous le Rouvre et le Pubescent (aux endroits frais).

Le parti que le Forestier peut tirer de ces caractéristiques ne devient donc réel qu'à une condition ; c'est qu'il en connaisse la *biologie exacte dans ses rapports avec l'évolution de sa forêt.* Il y a, en effet, des espèces qui indiquent mieux que d'autres *l'état* de la forêt, mais elles l'indiquent bien plus par leur *vitalité* que par leur simple présence. Or, la notion botanique de « caractéristique » est indépendante de la valeur du coefficient de présence. Pour le Forestier, au contraire, c'est précisément cette valeur qui importe. Ainsi le Lierre est à l'état sporadique dans le fourré à Ericacées de Valbonne. Il s'étale en un tapis continu dès que le couvert s'élève et que le mort-bois s'étiole. Il est donc caractéristique de l'ambiance créée par le couvert. Envisagé sous ce biais, il peut indiquer au Forestier l'état de son massif.

L'étude phytosociologique de Valbonne repose en grande partie sur le principe de la vitalité des espèces dans leur rapport avec l'évolution du tapis végétal : *c'est un principe dynamique*, car l'étude des espèces est ainsi subordonnée à leur environnement variable. Nous avons indiqué une vitalité maxima de *Daphne Laureola* dans un stade déjà très évolué de la forêt, celui où la régénération devient possible ; *Erica scoparia* indique une amélioration du massif par son étiolement. La présence de ces espèces dans un relevé floristique pris sur des territoires ainsi améliorés pourrait être interprétée d'une manière erronée si l'on ne spécifiait pas de quel stade il s'agit.

On voit par là de combien diffèrent les points de vue du Botaniste et du Forestier ; le Botaniste *cherche à connaître l'Association par la flore ;* le Forestier *veut connaître l'ambiance par la végétation.* Or, nous savons maintenant que la forêt de **Valbonne pose avant tout un problème d'ambiance.**

Il ne faut pas laisser dire qu'il y a des exceptions dans la nature ; quand des principes sont impuissants à expliquer des cas particuliers, c'est qu'ils sont mauvais ou pour le moins incomplets.

La forêt de Valbonne n'est pas une exception.

Les Auteurs.

Montpellier. — Imprimerie Ch. Déhan.

DIVERS ASPECTS DE LA FORÊT DE VALBONNE



Fig. 1. — Vallon de la Chartreuse. — Butte-témoin d'un remplissage lœssique.



FIG. 2. — **Route de Pont-St-Esprit**, un peu avant la Chartreuse, en venant de **St-Laurent-des-Carnols**. **Dépôts** quaternaires de **comblement** dus au ruissellement et à l'action du vent, reposant sur des sables du **Cénomanien** siliceux.



FIG. 3. — Chemin de la Montagnette. Cénomanien silico calcaire désagrégé (*sol squelettique*) surmonté d'un *sol rouge* fait aux dépens du Cénomanien siliceux.



FIG. 4. — Les trois sols du Mas d'Auriac. Sol pâle (jaune clair), avec traînées blanchâtres de calcite et cailloux calcaires anguleux rares 1^m20 ; sol rouge, avec cailloux siliceux 0^m30 ; à la hauteur du marteau ; sol brun, 0^m10, invisible sur le cliché.

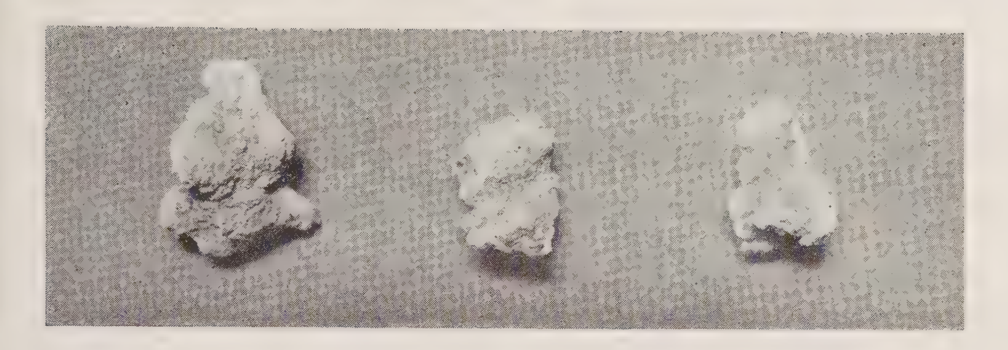


Fig. 5. — Concrétions calcaires, horizon B du sol rouge, Mas d'Auriac. Plus grande dimension : 35mm.

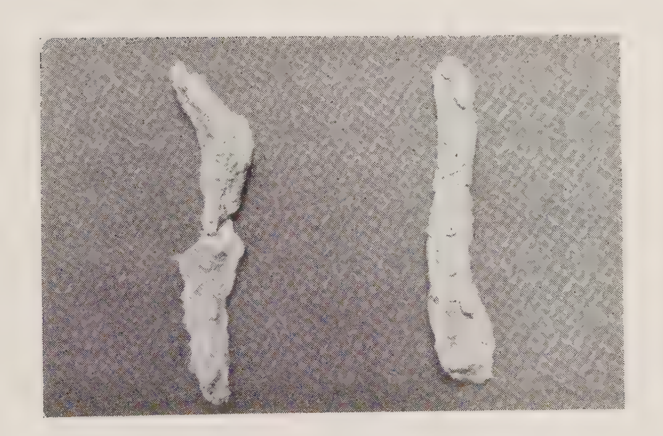


Fig. 6. — Moulage par le calcaire de cavités laissées par les racines dans le sol pâle (tranchée du Mas d'Auriac), plus grande dimension : 65mm.



Fig. 7. — Tranchée de la route de Pont-St-Esprit près la Fontaine des Dames, sol pâle : 2 m., surmonté de sol rouge ; 0m40, et de sol jaune taché de noir : 0m,05.



Fig. 8. — Eléments du sol brun ; grains de quartz, colorés par l'oxyde de fer et l'humus, agglomérés par l'argile et l'humus : 15mm environ de plus grande dimension.



Fig. 9. — Tranchée de la route de Pont-St-Esprit. Sol pâle et couverture de sol brun. Pénétration des racines de Chenes, 3 m. visibles. Epaisseur du sol pâle 6 m, visibles.



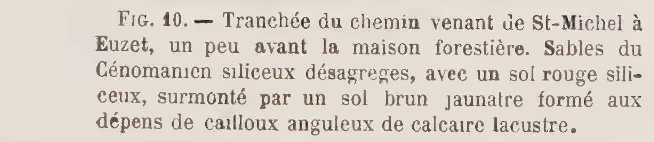


Fig. 10. — Tranchée du chemin venant de St-Michel à **Euzet**, un peu **avant** la maison forestière. **Sables** du Cénomanien siliceux désagreges, avec **un** sol rouge siliceux, surmonté **par** un sol brun jaunatre formé aux dépens de cailloux anguleux de calcaire lacustre.

Le Hêtre à Valbonne.

SÉRIE D'ÉTUDE.



Taillis 36 ans, après un nettoiement.

FIG. 11. — Un ancien hêtre au milieu d'un taillis de pubescent, rouvre et yeuse. (Outre les yeuses que l'on voit sur la droite, un jeune yeuse, très élancé, se trouve sous le couvert immédiat du hêtre).

Régressivité et Progressivité.



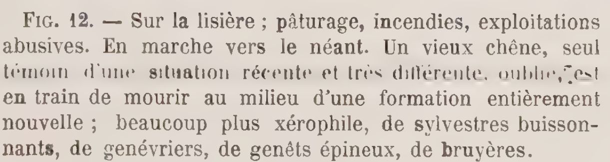


Fig. 12. — Sur la lisière ; pâturage, incendies, exploitations abusives. En marche vers le néant. Un vieux chêne, seul témoin d'une situation récente et très différente, oublié, est en train de mourir au milieu d'une formation entièrement nouvelle ; beaucoup plus xérophile, de sylvestres buissonnants, de genévriers, de genêts épineux, de bruyères.



Clichés Joubert.

Fig. 13. — Non loin de là dans la série d'étude ; une ambiance de serre donne une formation à faciès tropical, où le soleil pénètre à peine : mélange de hêtres, rouvres, pubescents, yeuses. Tapis végétal nul, ou peu abondant, où le lierre et la pervenche se disputent le terrain.

Stade progressif.

32 ans.

Dans le taillis.

—

Fig. 14. — Deux baliveaux yeuse sous le couvert d'un hêtre moderne et de baliveaux rouvre et pubescent. Strate: non fixée ; la bruyère a disparu, les graminées également. Le fragon s'installe, le lierre viendra incessamment.

53 ans.



Clichés Joubert.

Fig. 15. — Série d'étude : après un nettoiement ; hêtres en mélange avec rouvres, pubescents et yeuses.
Strate : lierre rampant.

Valbonne. L'Ecologie expérimentale.

Sous le taillis de 36 ares.



Fig. 16. — Le sous-bois de stade régressif a disparu ; il a été remplacé par un sous-bois flexible, caractéristique essentiel d'un stade nouveau, progressif. Le tapis herbacé renferme quelques taches de *Brachypodium sylvaticum*, en voie d'extinction ; le lierre rampant les chasse.



Clichés Jacob Joubert.

Fig. 17. — Le tapis de lierre rampant installé permet déjà un début de régénération narurelle des chênes à feuilles caduques (rouvre et pubescent), Puis, mais sporadiquement encore, celle du yeuse. Enfin, mais exceptionnellement, pour le moment au moins, celle du hêtre.

Sur la lisière de la Forêt.



Fig. 18. — Ferme de Thuyet, abandonnée depuis 1914, vue du périmètre ouest.
(Invasion des terrains de culture par le pin sylvestre).



Fig. 19. — Le pin sylvestre envahissant les terrains ruinés en face de Cabaresse (Sables Albiens).

Le Sylvestre spontané à Valbonne.

Clichés Joubert.

Fig. 20 et 21. — Formes buissonnantes et envahissantes près du périmètre ; stade en formation.

Le Sylvestre spontané à Valbonne.





Clichés Joubert.

Fig. 22 et 23. — Formes élevées, dans le massif, stade en terminaison. En ces situations le pin sylvestre a fait son temps et n'est déjà plus à sa place. Il est incapable de se regénérer, à moins qu'on ne bouscule l'évolution naturelle par le feu, le pâturage ou la hâche.

Valbonne. L'Evolution.

—

SOUS UNE RÉSERVE CHÊNE PUBESCENT.



Cliché Joubert.

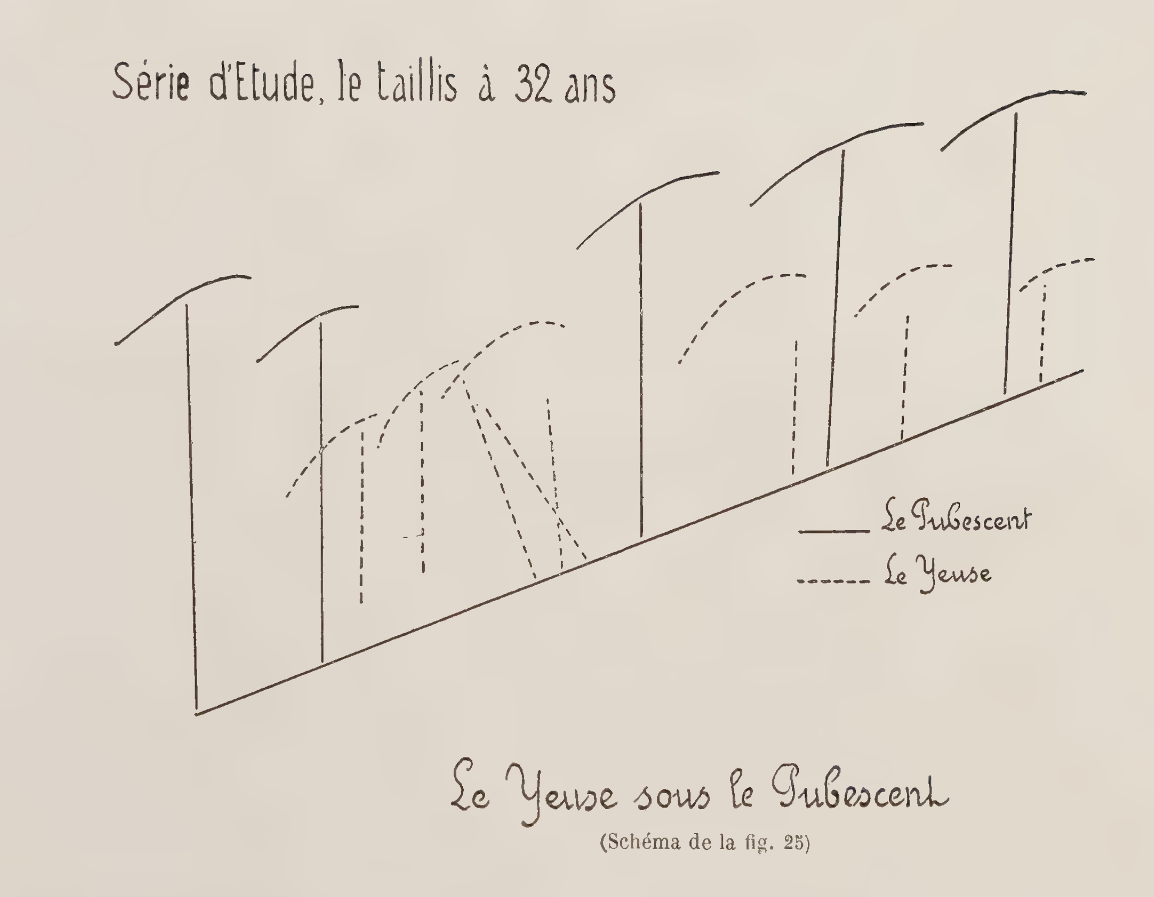
FIG. 24. — Sous le pubescent se sont intallées des cépées de yeuse. Le sous-bois d'Ericacées, compagnon fréquent en ces lieux du pubescent avec strate à graminées, est parti. Il est remplacé par un sous-bois de fragon ; que le yeuse ne va pas tarder à éliminer, pour ne laisser que la strate lierre rampant qui déjà s'installe.

A droite, deux jeunes hêtres (marqués par les gardes).

Forêt de Valbonne.



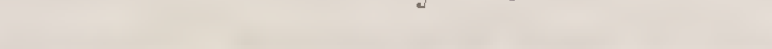
Fig. 25. — Série d'étude : Le yeuse sous le pubescent. — (Voir au verso schéma explicatif).



Le Yeuse sous le Pubescent

(Schéma de la fig. 25)

Hêtre et Yeuse.


Vieille écorce yeuse.



Valbonne. Série d'Etude

FIG. 26. — Le hêtre s'est installé sous le yeuse (trois brins de hêtre immédiatement derrière le brigadier), tapis : fragon reculant devant le lierre rampant.

Sous-bois flexible.



Clichés Joubert.

FIG. 27. — Moderne yeuse au milieu de cépées hêtre et pubescent.



Cliché Joubert.

Hêtre et Yeuse.

Fig. 28. — Sous un hêtre branchu bas ; entouré de brins de hêtre, s'est installée une régénération naturelle et abondante en yeuse.

La fin des grandes bruyères.



Clichés Joubert.

FIG. 29. — *A.* Erica arborea en disparition.

FIG. 30. — *B.* Arbutus Unedo en disparition.

Dans le vieux taillis (35 et 40 ans) les grandes Ericacées ont terminé leur cycle et meurent naturellement.

Elles disparaîtront, à moins qu'une mise en régression brutale, par exemple une exploitation en taillis ou un incendie, ne vienne interrompre le processus.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME XXI

ANNALES

DE

L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE MONTPELLIER